



COMUNE DI
BREMBATE DI SOPRA
PROVINCIA DI
BERGAMO



Riferimento:

VARIANTE PROGRAMMA INTEGRATO DI INTERVENTO "CAVA DI BREMBATE SOPRA"

Loc. Brembate di Sopra, Comune di Brembate di Sopra (BG)

**ALLEGATO G – RELAZIONE GEOLOGICA AMBIENTALE – STUDIO
ARETHUSA SRL DI DOTTOR GEOLOGO
ERMANNO DOLCI**

Data Novembre 2025
2° aggiornamento





ARETHUSA

GEOLOGIA AMBIENTE TERRITORIO E SICUREZZA

committente:

RONCELLI COSTRUZIONI SRL

incarico:

**RECUPERO AMBIENTALE CAVA EX
ZANARDI**

ASPETTI AMBIENTALI

riferimento:

Relazione tecnica

ubicazione:

Comune di Brembate di Sopra (BG)

data:

Novembre 2025

a cura di:

responsabile tecnico: dott. geol. Ermanno Dolci – OGL n.333
Collaboratori: dott. geol. Gianfranco Camana
Dott. Valerio Belotti

ARETHUSA s.r.l. Società Unipersonale
via Trento 14 - 24035 Curno (BG)
tel. 035 43.76.882 - SDI: SUBM70N
codice fiscale, partita iva e registro
imprese di Bergamo n. 02010850168
sito web: www.arethusa-geo.it
e.mail: arethusa@arethusa-geo.it



INDICE

1.0 PREMESSA.....	2
2.0 INQUADRAMENTO DEI LUOGHI	3
3.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	6
3.1 COMPONENTE GEOLOGICA DEL PGT	9
3.2 L'ATTIVITA' ESTRATTIVA DI SABBIA E GHIAIA.....	12
4.0 ASPETTI IDROLOGICI ED IDRAULICI.....	14
4.1 P.A.I.....	14
4.2 Piano Gestione Rischi Alluvioni.....	17
4.3 Considerazioni in merito alle fasce PAI e PGRA.....	18
4.4 Reticolo Principale	21
5.0 VINCOLI TERRITORIALI.....	23
6.0 PROBLEMATICHE AMBIENTALI	24
7.0 MATERIALI UTILIZZATI PER LA SISTEMAZIONE MORFOLOGICA DELLE AREE	30
8.0 COERENZA BACINO DI LAMINAZIONE CON I DISPOSTI DELL'ART.104 COMMA 1 D.LGS. 152/06.....	34
9.0 VERIFICHE DI STABILITÀ.....	35
9.1 Caratteristiche litologiche	35
9.2 Metodo di calcolo	37
9.2.1 Condizioni statiche (assenza di sisma).....	37
9.2.2 Condizioni dinamiche (sismiche)	38
9.2.3 Metodo di Bishop semplificato.....	39
9.2.4 Valutazione dell'azione sismica.....	39
9.2.5 Risultati e considerazioni conclusive	42

1.0 PREMESSA

La Ditta Roncelli Costruzioni srl ha incaricato la scrivente di esaminare gli aspetti ambientale dell'area Cava ex Zanardi in comune di Brembate Sopra.

Tale area è stata oggetto di attività estrattiva ed è attualmente in uno stato di degrado ed è interessata da alcune passività ambientale per cui risulta necessario un intervento quantomeno di sistemazione morfologica che consenta un riuso dell'area stessa.

Nelle note che seguono vengono affrontati i principali aspetti di carattere geologico, idrogeologico ed idraulico e le problematiche connesse alla presenza di un deposito in parte qualificato come "rifiuto", viene altresì proposta un intervento di rimodellamento dell'area che si configura come ripristino di una conformazione morfologica dei luoghi che riprende quella originaria e la riporta ad una condizione maggiormente naturaliforme.

2.0 INQUADRAMENTO DEI LUOGHI

L'area in esame è ubicata nel settore nord-orientale del Comune di Brembate come individuato dalla

fig. 2A tratta dalla C.T.R. a scala 1:10.000 Regionale, Sezione C5 a2.

Essa si sviluppa lungo il terrazzo morfologico principale della valle del Fiume Brembo.

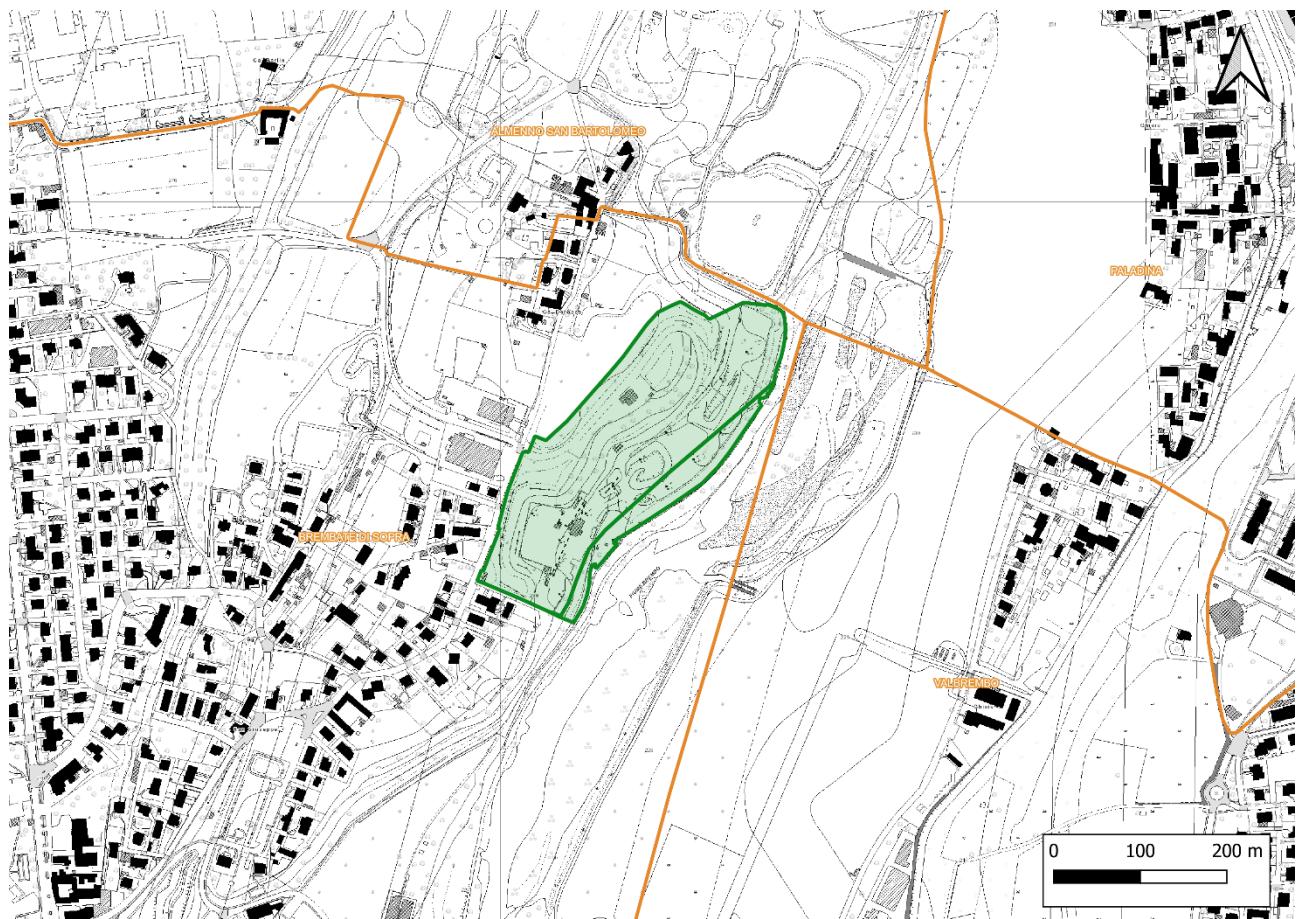


Figura 2A: Inquadramento su CTR dell'area di progetto.

Da un punto di vista catastale l'area interessa i terreni contraddistinti dai numeri di mappa:

- 358, 8517 foglio 2 catasto terreni di proprietà della ditta;
- 5681 foglio 2 catasto terreni di proprietà demaniale.

e si estende per una superficie topografica complessiva di mq 53.922.

L'area in esame, come meglio viene specificato in seguito, è stata sede di attività per l'estrazione di sabbia e ghiaia che ha modificato in modo sostanziale la morfologia originaria dei luoghi arretrando di circa 100 metri l'ampiezza del terrazzo principale del fiume Brembo.

La **fig. 2B** rappresenta l'area su base foto satellitare.



Figura 2B: Inquadramento su base satellitare dell'area di progetto.

L'area si può suddividere, da un punto di vista morfologico in due settori:

- quello superiore, costituito da un ripiano posto a quota media 248 m s.l.m. che rappresenta l'originario ripiano morfologico, per quanto arretrato ed un ripiano inferiore, posto a quota variabile da m 230 a m 235 s.l.m. derivante dall'attività antropica raccordato a quello superiore da una scarpata con pendenze variabili da 30 a 45 gradi lungo la quale si sviluppa una strada di collegamento.

Il ripiano su cui scorre il fiume Brembo si pone ad una quota media di m 222 s.l.m. e quindi circa 8 metri inferiore rispetto all'area in esame.

- Il ripiano inferiore "di cava" è parzialmente stato rialzato a seguito della realizzazione di una vasca di decantazione delle "acque torbide" provenienti dall'impianto di lavorazione di sabbia e ghiaia.

Sul ripiano inferiore è stato depositato un cumulo di materiale eterogeneo, di provenienza esterna, su una superficie estesa circa mq 8827,5 per uno spessore di circa 15 metri ed un volume stimato di mc 60.000, oggetto di specifiche indagini ambientali, meglio descritte in seguito.

Allo stato attuale l'area si presenta abbandonata ed in uno stato di **degrado** peraltro riconosciuta come tale dal comune con delibera del consiglio comunale n.32 del 27.09.2021 e quindi necessita

d'interventi per la presenza di alcune passività ambientale e per la sistemazione morfologica dei luoghi.

Lo stato di degrado è da attribuire principalmente ai seguenti fattori:

- presenza di un deposito classificato come "rifiuto" di circa mc 29.000;
- accessi notturni illegali di persona che sostano nelle nottate abbandonando rifiuti di varia natura come da varie denunce alle autorità competenti;
- situazione d'instabilità morfologica del deposito "irregolare" di rifiuti e di materiale inerte;

3.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Il sito in esame si colloca in un settore contraddistinto dalla presenza di terreni appartenenti all'Unità Postglaciale (Pleistocene superiore – Olocene) la quale occupa i terrazzi più recenti interni alla forma scavata dal fiume Brembo durante l'ultima espansione glaciale.

I terreni originari sono costituiti da depositi alluvionali rappresentati per lo più da ghiaia e ciottoli sempre prevalenti a supporto clastico isorientati e laminati con limitati limi e sabbia (**fig.3A**).

Ad est il sito degrada in modo repentino verso l'attuale alveo del fiume Brembo costituito prevalentemente da sabbia e ghiaia con ciottoli; ad ovest si ha invece la presenza di terreni fluvioglaciali più antichi appartenenti all'Unità di Treviglio del complesso del Brembo (Pleistocene-superiore) tutti appoggiati al di sopra dell'unità di Brembate (Pleistocene medio) e sovrapposti all'unità prevalentemente cementata costituita dal Ceppo del Brembo (Pleistocene superiore – Pleistocene inferiore).

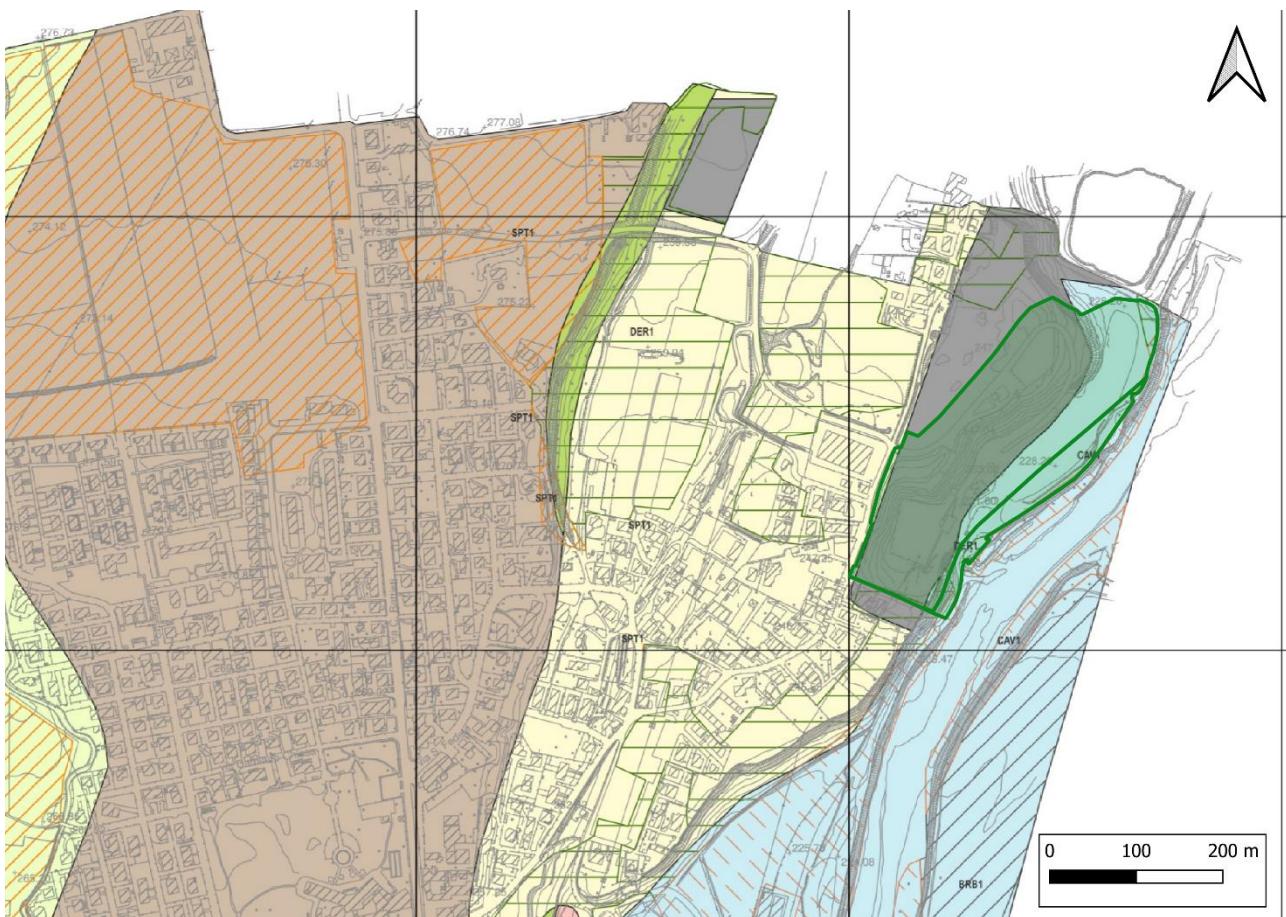
La morfologia attuale del sito risente fortemente delle attività antropiche pregresse ed in particolar modo delle operazioni estrattive di cava che hanno determinato un consistente arretramento del terrazzo morfologico originario e dal deposito di “materiale” proveniente dall'esterno oltre che dell'insediamento di strutture produttive attualmente in parte smantellate.

Anche dal punto di vista idrogeologico la presenza del fiume Brembo svolge un ruolo fondamentale in quanto il flusso della falda freatica ha andamento da nord ovest a sud est verso l'alveo del fiume, il quale svolge chiaramente un'azione drenante nei confronti della stessa, tranne nel settore meridionale del territorio comunale di Brembate Sopra ove il flusso della falda assume una direzione nord-sud.

La profondità del livello piezometrico rispetto al piano campagna tende a diminuire in prossimità all'alveo del Brembo a causa dell'abbassamento topografico corrispondente ai terrazzamenti fluviali.

Nel settore in esame la falda si attesta a circa una decina di metri rispetto alla quota media dell'ex-piazzale di cava (**Figura 3B**) posto a quota m 230 s.l.m.. Da ciò deriva che, per quanto riguarda l'area di interesse, questa risulta contraddistinta da una alta vulnerabilità della falda, a causa della debole soggiacenza, dalla presenza di un acquifero prevalentemente grossolano e dall'assenza di una pedogenesi sviluppata.

Quanto sopra riportato è riferito all'acquifero superficiale costituito da ghiaie sciolte miste a sabbia, conglomerato e frazioni fini. Queste ultime tendono ad essere in percentuale rilevante in alcuni settori del comune, soprattutto in quello occidentale, dove le stratigrafie di alcuni pozzi mostrano la presenza per i primi 20 m di ghiaia grossolana con ciottoli o trovanti, annegati in matrice argillosa.



Depositi superficiali

- | | |
|---|---|
|  | Sistema del Po (Pleistocene superiore-Olocene) |
|  | Unità del Torrente Lesina (Gelasiano-Pleistocene superiore) |
|  | Unità di Arzenate (Gelasiano-Pleistocene superiore) |
|  | Supersistema di Lenna (Pleistocene superiore) |
|  | Unità di Ponte San Pietro (Pleistocene medio-superiore) |
|  | Unità di Bonate (Pleistocene medio-superiore) |
|  | Sistema di Brembate (Pleistocene medio) |
|  | Ceppo del Brembo (Pleistocene inferiore) |
|  | Riporto |

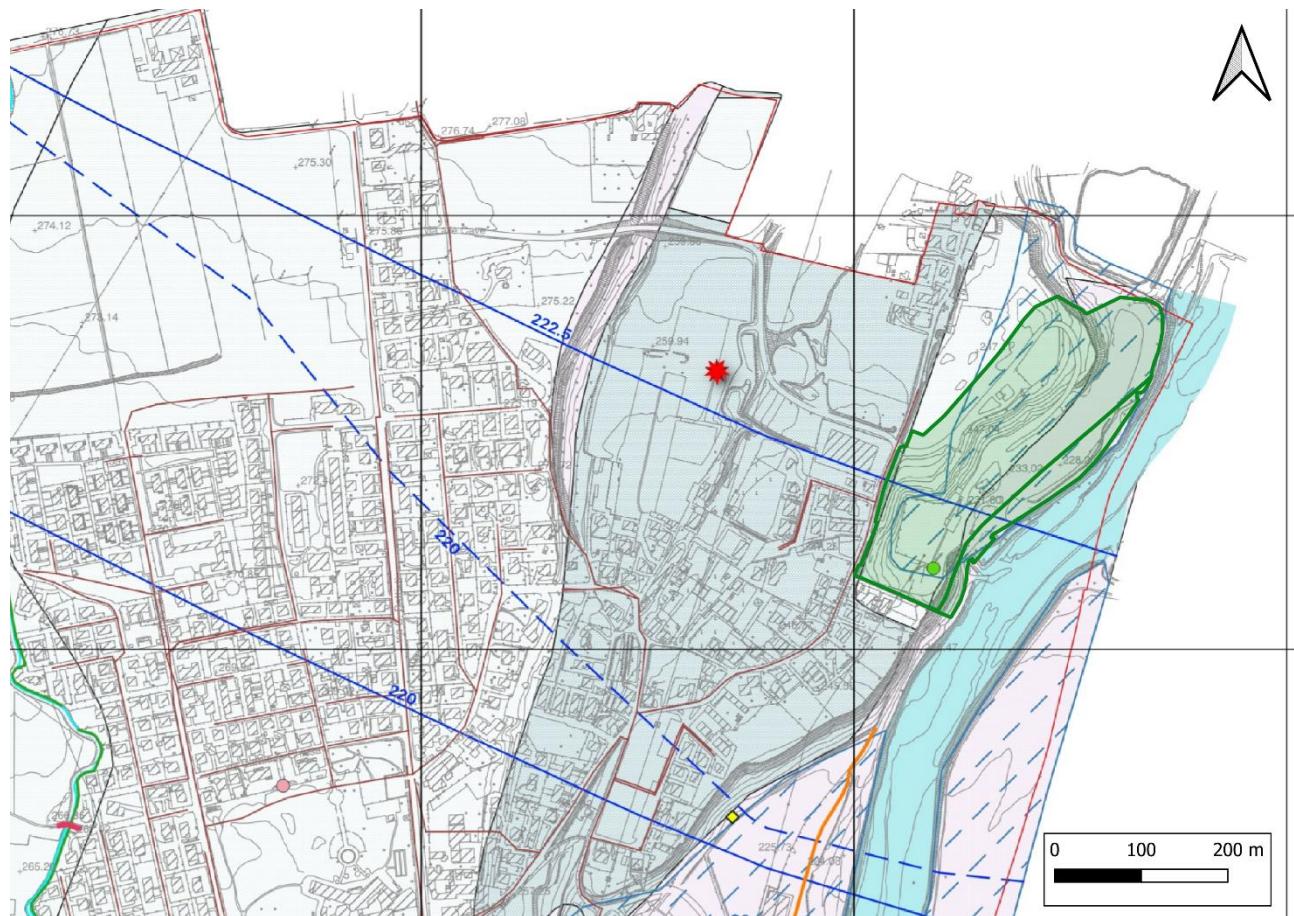
Elementi di pedologia

-  Suolo BON1: tessitura franco limosa, colore bruno giallastro scuro
 -  Suolo BRB1: tessitura media e grossolana in profondità, colore bruno grigiastro molto scuro
 -  Suolo CAV1: tessitura franco sabbiosa, colore bruno giallastro
 -  Suolo DER1: tessitura limosa, colore bruno giallastro scuro-bruno pallido
 -  Suolo SPT1: tessitura franco limosa, colore tra bruno e bruno scuro

Figura 3A: Stralcio tavola 1 “Carta geologica con elementi di pedologia” allegata al PGT del Comune di Brembate di Sopra.

L'acquifero superficiale si estende nei depositi alluvionali e fluvioglaciali sciolti o cementati del Pleistocene.

La presenza di conglomerato è testimoniata dalle stratigrafie di tutti i pozzi a profondità che possono variare da zona a zona. Alla base del conglomerato è presente un limite acquiclude costituito da argille o marne giallastre a bassa permeabilità che sono la base della falda freatica. Al di sotto si ha il basamento litoide dato da calcareniti e arenarie alternate a marne e calcilutiti. Le formazioni rocciose stratificate costituiscono un secondo acquifero definibile come “*aquitard confinato*”, con parametri idrogeologici differenti, sui cui non si hanno informazioni relativamente alle possibili condizioni artesiane e alla possibilità di comunicazione con l’acquifero superficiale.



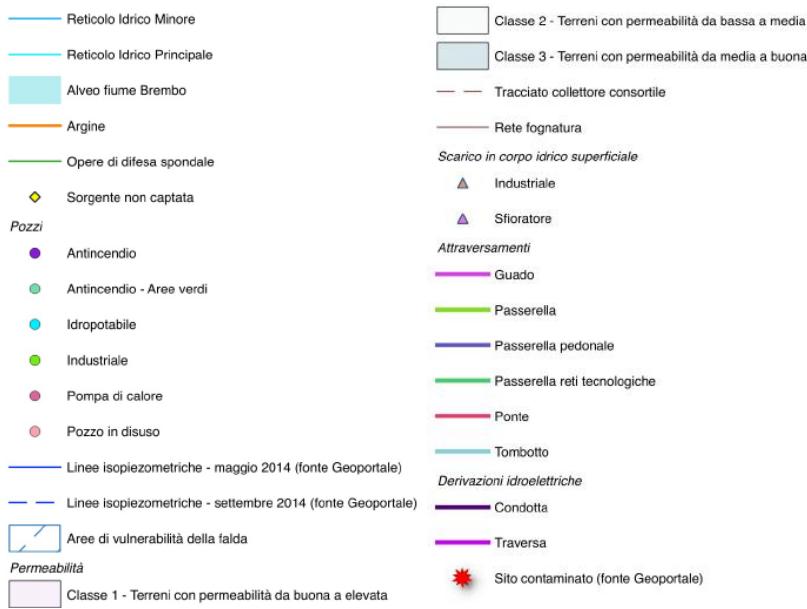


Figura 3B: Stralcio tavola 4 “Carta idrografica con elementi di idrogeologia” allegata al PGT del Comune di Brembate di Sopra.

3.1 COMPONENTE GEOLOGICA DEL PGT

All'interno della componente geologica del PGT l'area Cava ex Zanardi risulta inserito in un'areale in cui sono attribuite diverse classi di fattibilità, quali “Classe 2al – Fattibilità con modeste limitazioni”, “Classe 2ldr – Fattibilità con modeste limitazioni”, “Classe 3al – Fattibilità con consistenti limitazioni” e “Classe 3G – Fattibilità con consistenti limitazioni”.

Si evidenzia che il limite dell'ambito PII ricade, per una porzione estremamente marginale, anche all'interno dell'area con “Classe 4al – Fattibilità con gravi limitazioni”: l'area ricadente in questa classe però, pur inclusa nel perimetro dell'ambito originario che viene mantenuto, è esterna alle aree di intervento effettivo, delimitate da recinzione.

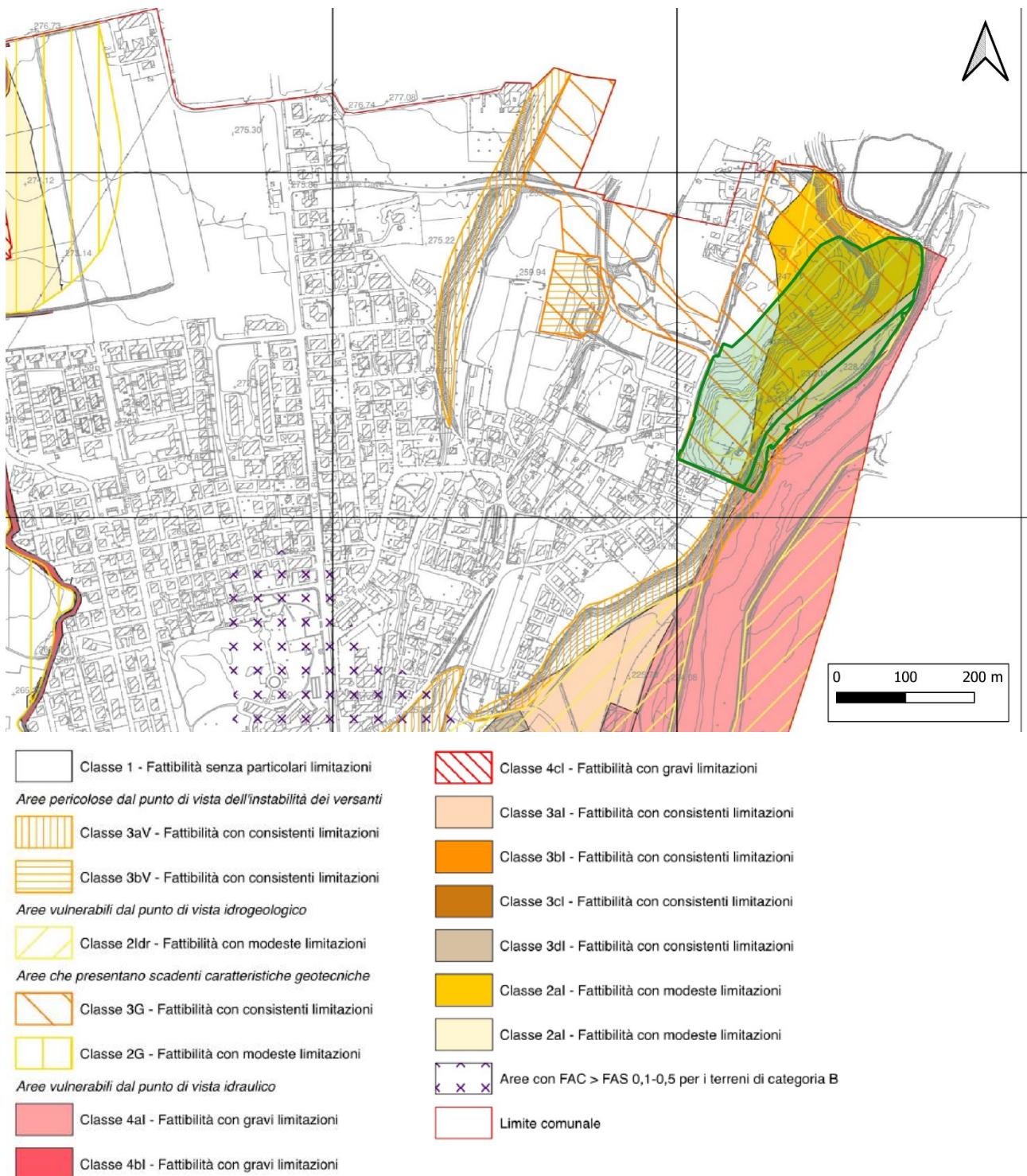


Figura 3C: Stralcio tavola 13 “Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano” del PGT.

La disciplina della componente geologica del PGT adottato riporta le seguenti limitazioni per le classi di interesse:

- Classe 2al – Fattibilità con modeste limitazioni, “Vigono le prescrizioni stabilite dall’art. 31 dell’NdA del PAI. Sono consentiti solo interventi edificatori con un basso indice di utilizzazione del suolo; non possono realizzarsi edifici destinati ad alta concentrazione di

persone (scuole, alberghi, ristoranti, grandi immobili residenziali, centri commerciali, etc). Al fine di integrare il livello di sicurezza alla popolazione, il Comune deve dotarsi di un Piano di emergenza che definisca le procedure di emergenza per tale area, ai sensi della Legge 24 febbraio 1992, n. 225.”

- Classe 2ldr – Fattibilità con modeste limitazioni, “*I nuovi ambiti di trasformazione devono essere dotati di fognatura. Le modifiche dell'uso del suolo devono essere accompagnate da relazione geologica che dimostri la compatibilità dell'intervento con le condizioni idrogeologiche presenti e che indichi le opere di prevenzione e salvaguardia da adottare, definite, se opportuno, anche planimetricamente (accorgimenti costruttivi, smaltimento acque meteoriche, monitoraggi). Il tecnico incaricato è responsabile del necessario grado di approfondimento dello studio di compatibilità, definito in funzione delle condizioni esistenti e del grado di pericolosità atteso dalle trasformazioni d'uso del suolo previste, tenuto conto dell'utilizzo esistente. Per nuove edificazioni di piccole dimensioni (indicativamente con S.L.P. non superiore a 150 m²), per interventi di manutenzione, risanamento conservativo, restauro e ristrutturazione di opere o edifici esistenti, qualora sia dimostrata l'impossibilità di allacciamento fognario, potrà essere proposta una soluzione alternativa, con scarico nel suolo; deve essere prodotta una specifica relazione geologica che dimostri la compatibilità dell'opera con le condizioni idrogeologiche. Le modifiche all'uso del suolo devono essere accompagnate da relazione geologica che dimostri la compatibilità dell'intervento con le condizioni idrogeologiche presenti.”*
- Classe 3al – Fattibilità con consistenti limitazioni, “*Gli interventi consentiti sono quelli previsti dagli artt. 30 e 39 delle NdA del PAI, adottate il 26.04.2001 con Del.Com.Ist. n. 18*”, che verranno analizzati a seguire nel capitolo dedicato.
- Classe 3G – Fattibilità con consistenti limitazioni, “*Gli interventi sono subordinati alla presentazione di un'indagine geotecnica, adeguata alle caratteristiche del progetto stesso, che individui le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione e fornisca le valutazioni e le necessarie indicazioni progettuali per garantire l'integrità del manufatto di progetto. In terreni con ristagno di acqua devono essere definiti gli interventi di difesa più opportuni (drenaggi, impermeabilizzazioni o altro) in base alle caratteristiche del fenomeno, per assicurare l'integrità del manufatto di progetto, con particolare attenzione per i volumi interrati.*”

Gli approfondimenti previsti da queste classi consistono in una relazione geologica, rappresentata dalla presente, e da un'indagine geotecnica che verrà svolta nel corso dell'approvazione del progetto attuativo.

3.2 L'ATTIVITA' ESTRATTIVA DI SABBIA E GHIAIA

L'attività estrattiva di sabbia e ghiaia ha origini anteriori rispetto alla pianificazione provinciale avvenuta a partire dal 1989 con l'approvazione del PRIMO piano Cave provinciale.

Con la Deliberazione del Consiglio Regionale 9 novembre 1989 n. IV1731, viene approvato il primo piano cave della Provincia di Bergamo, che inserisce l'area nel “*Polo di completamento di BP6g*” nei Comuni di Brembate Sopra ed Almenno San Bartolomeo attribuendo una produzione annuale massima di mc 120.000 e decennale di mc. 1.200.000.

Viene previsto un recupero “*ad uso agricolo*” con riempimento parziale con rifiuti inerti sino a piano campagna per la parte limitrofa alle cascine”.

Con D.C.R. 9 aprile 1997 n. VI/555 avviene “*l'approvazione con modifiche della revisione del piano cave adottato dalla Provincia di Bergamo ai sensi dell'art. 7 comma 2 della L.R. 30 marzo 1982, n. 18*”.

Viene confermato l'Ambito Estrattivo BP6g nei Comuni di Almenno S. Bartolomeo e Brembate Sopra con destinazione finale “*insediativo*” ed “*agricolo*” e con prescrizioni per il recupero ambientale “*riempimento fino a costruire gli originari livelli...*”

Nel piano cave provinciale approvata con D.C.R. 14 maggio 2008 n. VIII/619, poi oggetto di annullamento con provvedimenti della giustizia amministrativa, (sentenza 1927/2012 e 611/2013 del TAR di Brescia) l'ATEg30 (ex Polo BP6g) viene stralciato.

Il piano cave vigente, approvato con D.C.R. 29 settembre 2015 viene confermato l'ATEg30 (ex Polo BP6g) che esclude le aree precedentemente oggetto di attività estrattiva e ricomprende limitati terreni posti sul terrazzo superiore.

Nell'area in esame l'attività estrattiva è stata svolta dalla Cava di Brembate Sopra srl fino agli inizi dell'anno 2000, successivamente essa è cessata mentre è continuata quella della lavorazione del materiale inerte, proveniente da siti esterni, per produrre aggregati e quella della produzione di conglomerato cementizio.

Si evidenzia nuovamente quanto segue:

- L'area di cava la cui escavazione è esaurita e si presenta in stato di degrado e abbandono;
- L'areale è stato classificato dal consiglio comunale con propria deliberazione N° 32 del 27/09/2021 quale area di cava degradata e per tanto oggetto di riqualificazione e di riuso compreso il recupero ambientale e ripristino morfologico, confermando la destinazione produttiva;
- La regione Lombardia con Legge N°20 08/11/2021 art. 3 definisce la “cava unità produttiva economica... e può comprendere:
- “area di rassetto ambientale: area degradata da sottoporre esclusivamente e recupero ambientale” (ripristino morfologico ambientale)

Da tutto ciò si sostiene che:

- L'areale è considerato a tutti gli effetti area di cava (dismesse e da recuperare);
- Ne consegue che l'area è assimilata alla destinazione produttiva indipendentemente dalle destinazioni del PGT come affermato da sentenze del TAR e dal Consiglio di Stato con sentenze 24/01/2022 N°439 affermando la presenza di un'area storicamente utilizzata quale cava fa sì che la medesima (interamente comparto A e B) non possa che essere annoverata e assimilata a quelle commerciali e industriali;
- La competenza urbanistica e per quanto attiene il ripristino e recupero ambientale e relative destinazioni d'uso, non essendo compresa nel piano cave è demandata unicamente al comune, ciò viene ribadito anche da Consiglio di Stato N° 1083 del 24/11/2023 con richiamo alle L.R. N°14/1988 e D.G.R 21/12/2001 N°VII7576;
- Il ministero dell'ambiente con nota del 14/04/205, nel rispondere a delle istanze interpretative, si è attenuto e ha confermato la legittimità e cogenza della sentenza del Consiglio di Stato N°439 del 22/11/2022.

L'attività estrattiva e i successivi interventi sull'area hanno profondamente modificato la morfologia dei luoghi, il progetto previsto mira a ripristinare la scarpata del fiume Brembo riportandola il più vicino possibile alla morfologia originaria. A seguire si riportano uno stralcio IGM 1889, il PII attualmente vigente e autorizzato ed infine il PII in variante proposto, al fine di avere un confronto fra le diverse morfologie nelle fasi temporali.

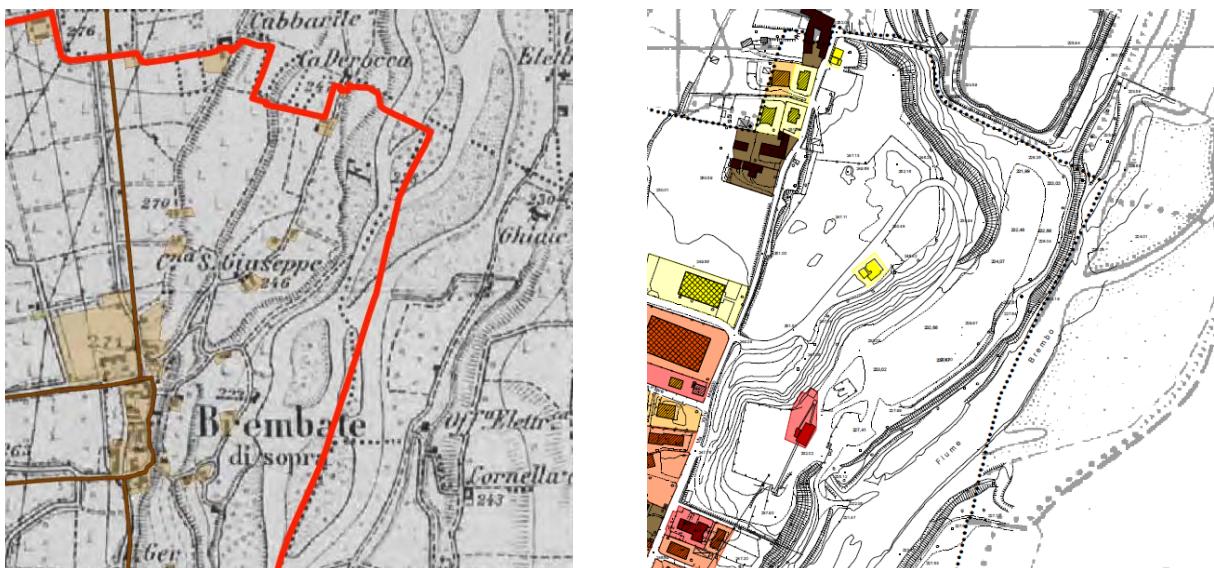


Figura 3D: Stralcio tavola IGM 1889 e situazione morfologica attuale, tratta dalla tavola A2 del Documento di Piano del PGT vigente.

Il progetto proposto partendo dall'attuale morfologia dell'area, che deriva dalle diverse attività che sono state autorizzate negli anni dall'estrazione di materiale al PII vigente, ripristinando il più possibile la scarpata originaria.

Al termine del progetto ci sarà quindi il ripristino della scarpata originaria nell'area più a sud dell'ambito, mentre nell'area a nord resterà una morfologia coerente con quanto attualmente presente, autorizzata anche dal PII vigente e dalla rispettiva autorizzazione paesaggistica (con pratica n.2/2010 del Settore Edilizia privata e urbanistica del Comune di Brembate di Sopra).

È evidente che il ripristino completo della morfologia originaria, dopo quasi un secolo di attività estrattiva e conseguente recupero risulta essere di difficile realizzazione; inoltre, la morfologia è stata sicuramente influenzata anche dall'attività del fiume Brembo.

4.0 ASPETTI IDROLOGICI ED IDRAULICI

4.1 P.A.I.

Il sito in esame risulta parzialmente interno alla fascia C del Piano per l'Assetto Idrogeologico del (PAI) e, in modo ancor più marginale, nella fascia B del medesimo piano come risulta dalla figura sottostante e dalla Tavola 07. La fascia era stata oggetto di rettifica per coincidenza geomorfologica in fase di approvazione del P.I.I. tra Comune di Brembate e Cava di Brembate Sopra e recepita nel PGT.

Si riporta stralcio della normativa di riferimento del PAI.

Art. 30 Fascia di esondazione (Fascia B) (interessa marginalmente l'area in esame)

1 Nella Fascia B il Piano persegue l'obiettivo di mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica ai fini principali dell'invaso e della laminazione delle piene, unitamente alla conservazione e al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali.

2. Nella Fascia B sono vietati:

a) gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di invaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento delle capacità di invaso in area idraulicamente equivalente;

b) la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, fatto salvo quanto previsto al precedente art. 29, comma 3, let. I);

c) in presenza di argini, interventi e strutture che tendano a orientare la corrente verso il rilevato e scavi o abbassamenti del piano di campagna che possano compromettere la stabilità delle fondazioni dell'argine.

3. Sono per contro consentiti, oltre agli interventi di cui al precedente comma 3 dell'art. 29:

a) gli interventi di sistemazione idraulica quali argini o casse di espansione e ogni altra misura idraulica atta ad incidere sulle dinamiche fluviali, solo se compatibili con l'assetto di progetto dell'alveo derivante dalla delimitazione della fascia;

- b) gli impianti di trattamento d'acque reflue, qualora sia dimostrata l'impossibilità della loro localizzazione al di fuori delle fasce, nonché gli ampliamenti e messa in sicurezza di quelli esistenti; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino ai sensi e per gli effetti del successivo art. 38, espresso anche sulla base di quanto previsto all'art. 38 bis;
- c) la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente;
- d) l'accumulo temporaneo di letame per uso agronomico e la realizzazione di contenitori per il trattamento e/o stoccaggio degli effluenti zootecnici, ferme restando le disposizioni all'art. 38 del D.Lgs. 152/1999 e successive modifiche e integrazioni.

L'area in esame è prossima all'alveo attivo del fiume Brembo che scorre con direzione nord-sud su un ripiano posto a circa 8÷10 metri rispetto alla quota del "ex piazzale" di cava il fiume Brembo

- e) il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino ai sensi e per gli effetti del successivo art. 38, espresso anche sulla base di quanto previsto all'art. 38 bis.

4. Gli interventi consentiti debbono assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde fatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.

Art. 31. Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C)

1. Nella Fascia C il Piano persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni, mediante la predisposizione prioritaria da parte degli Enti competenti ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225 e quindi da parte delle Regioni o delle Province, di Programmi di previsione e prevenzione, tenuto conto delle ipotesi di rischio derivanti dalle indicazioni del presente Piano.
2. I Programmi di previsione e prevenzione e i Piani di emergenza per la difesa delle popolazioni e del loro territorio, investono anche i territori individuati come Fascia A e Fascia B.
3. In relazione all'art. 13 della L. 24 febbraio 1992, n. 225, è affidato alle Province, sulla base delle competenze ad esse attribuite dagli artt. 14 e 15 della L. 8 giugno 1990, n. 142, di assicurare lo svolgimento dei compiti relativi alla rilevazione, alla raccolta e alla elaborazione dei dati interessanti la protezione civile, nonché alla realizzazione dei Programmi di previsione e prevenzione sopra menzionati. Gli organi tecnici dell'Autorità di bacino e delle Regioni si pongono come struttura di servizio nell'ambito delle proprie competenze, a favore delle Province interessate per le finalità ora menzionate. Le Regioni e le Province, nell'ambito delle rispettive competenze, curano ogni opportuno raccordo con i Comuni interessati per territorio per la stesura dei piani comunali di protezione civile, con riferimento all'art. 15 della L. 24 febbraio 1992, n. 225.
4. Compete agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti per i territori ricadenti in fascia C.

5. Nei territori della Fascia C, delimitati con segno grafico indicato come “limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C” nelle tavole grafiche, per i quali non siano in vigore misure di salvaguardia ai sensi dell’art. 17, comma 6, della L. 183/1989, i Comuni competenti, in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici, entro il termine fissato dal suddetto art. 17, comma 6, ed anche sulla base degli indirizzi emanati dalle Regioni ai sensi del medesimo art. 17, comma 6, sono tenuti a valutare le condizioni di rischio e, al fine di minimizzare le stesse ad applicare anche parzialmente, fino alla avvenuta realizzazione delle opere, gli articoli delle presenti Norme relative alla Fascia B, nel rispetto di quanto previsto dall’art. 1, comma 1, let. b), del D.L. n. 279/2000 convertito, con modificazioni, in L. 365/2000.



Figura 4A: Inquadramento con le fasce PAI individuate dal PGT sulla tavola 11b “Carta PAI-PGRA”.

Si evidenzia che per l’area ricadente all’interno della fascia C la cui normativa è definita dall’art. 31 delle NTA del PAI che non vieta gli interventi previsti, per di più quest’area è ricadente principalmente in area demaniale dove il progetto prevede solo il recupero a verde ed è assente il riporto di materiale.

La minima area ricadente in fascia B è totalmente inclusa nell’area demaniale, che sarà oggetto di concessione per cui è già stata avviata la pratica presso l’autorità idraulica regionale competente, e

non sarà quindi oggetto di riporto di materiale e di rimodellamento morfologico, con il solo recupero a verde.

4.2 Piano Gestione Rischi Alluvioni

Il Programma di Gestione Rischi Alluvionali (P.G.R.A.) di cui si allega stralcio in **fig. 4B** è lo strumento operativo per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvionali per la salute numeraria, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali.

Il P.G.R.A. (P.G.R.A. 2015) è stato adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con Delibera n. 4 del 17 dicembre 2015 ed approvato con Delibera n. 2 del 3 marzo 2016 e definitivamente approvato con D.P.C.M. del 27 ottobre 2016.

La prima revisione (P.G.R.A. 2021) attualmente vigente è stata adottata dalla Conferenza Istituzionale Permanente dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po con Deliberazione n. 3 del 29 dicembre 2020 ed approvato con deliberazione n. 5 del 20 dicembre 2021 e definitivamente approvato con D.P.C.M. del 1 dicembre 2021.

L'area in esame ricade marginalmente nello scenario di “*aree interessate da alluvioni poco frequenti P2*”, perlopiù **nelle aree del comparto B di proprietà demaniale e nelle aree di proprietà della ditta dove non viene previsto attualmente il riporto di materiale**, ed in gran parte in “*aree interessate da alluvioni rare P1*”.

Inoltre, una piccola porzione a sud all'interno del perimetro del PII ricade delle “aree interessate da alluvioni frequenti P3”: quest'area è però esterna alle aree di intervento, ricadendo al di fuori del perimetro recintato.

Il titolo V delle N.T.A del PAI all'art. 58 stabilisce, relativamente al “*Reticolo principale di pianura e fondovalle RT*”, a cui si fa riferimento per la situazione in esame che alle aree P2 siano previste le limitazioni e le prescrizioni per la Fascia B, mentre per le P1 le disposizioni di cui all'art. 31 delle N.T.A. del PAI.

DIRETTIVA ALLUVIONI		PGRA	PAI	PGT
Scenario	Frequenza dell'evento	Pericolosità	Fiume Brembo	Classe
Elevata probabilità (H=high)	20-50 anni (frequenti)	P3 elevata	Fascia A Tr<100anni	IV rossa
Media probabilità (M=medium)	100-200 anni (poco frequenti)	P2 media	Fascia B Tr=100÷200	III arancione (con restrizione art.9 c.6)
Scarsa probabilità (L=low)	<500 anni (estremi)	P1 basso	Fascia C Tr>500anni	2/3 Gialla/arancione

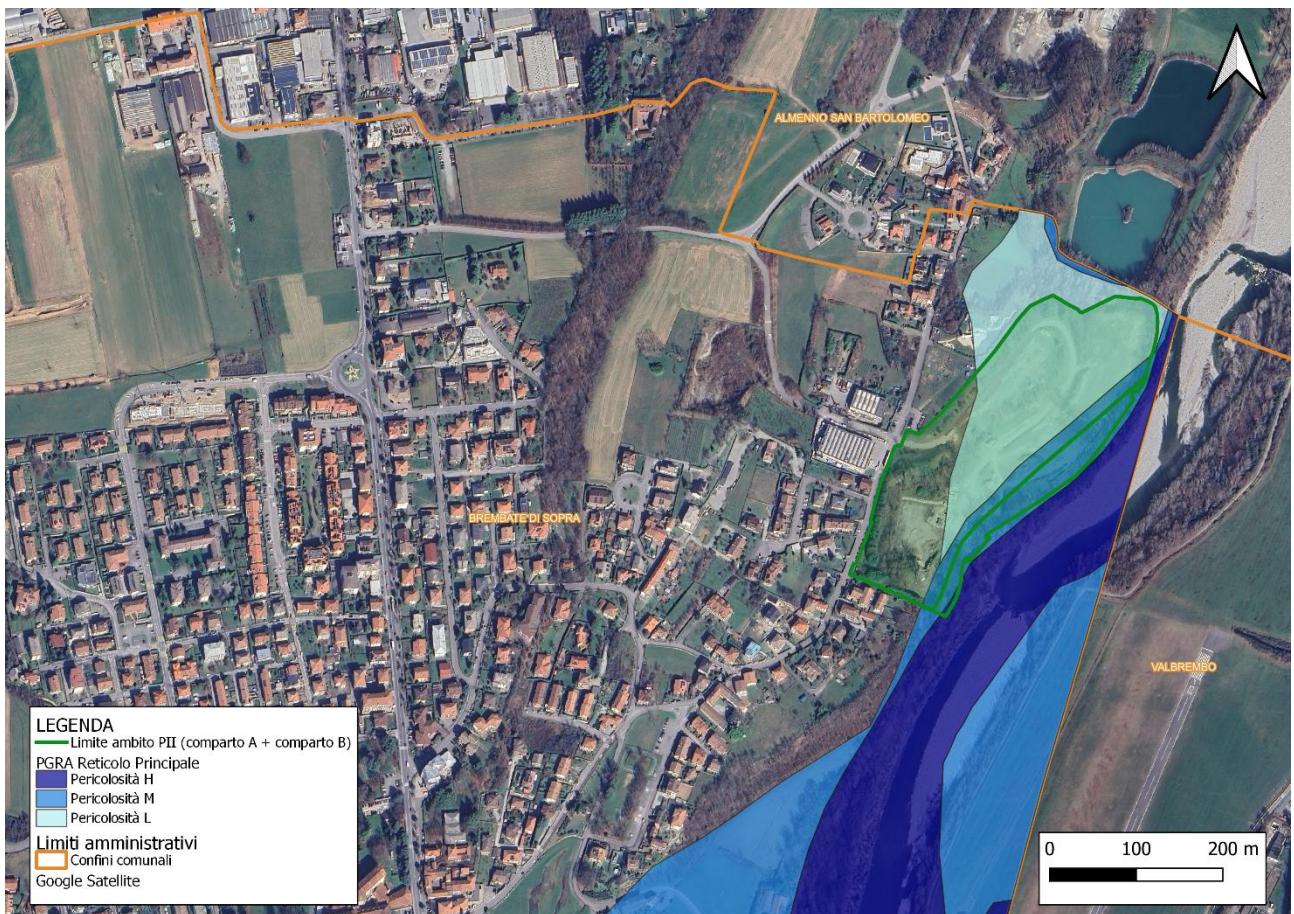


Figura 4B: Inquadramento con le fasce PGRA individuate dal PGT sulla tavola 11b “Carta PAI-PGRA”.

4.3 Considerazioni in merito alle fasce PAI e PGRA

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri del 24 maggio 2001, ha la finalità di ridurre il rischio idrogeologico entro valori compatibili con gli usi del suolo in atto.

Il PAI contiene la delimitazione delle fasce fluviali (art. 28 NTA) suddivise in:

- Fascia A – fascia di deflusso della piena di riferimento;
- Fascia B – (fascia di esondazione): esterna alla precedente costituita dalla porzione di territorio interessato da inondazioni (tempi di ritorno 200 anni) al verificarsi della piena di riferimento;
- Fascia C – area di inondazione per piena catastrofica, costituita dalla porzione di territorio esterno alla fascia B che può essere interessata da inondazioni (tempi di ritorno 500 anni) al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quella di riferimento.

Il Programma di Gestione Rischi Alluvioni (PGRA), è lo strumento operativo per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali.

Il primo piano PGRA (PGRA 2015) è stato adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con delibera n°4 del 17 dicembre 2015 ed approvato con delibera n°2 del 3 marzo 2016 e definitivamente approvato con D.P.C.M. del 27 ottobre 2016.

La prima revisione (PGRA 2021) attualmente vigente è stata adottata dalla Conferenza Istituzionale Permanente dell'autorità di bacino distrettuale del fiume Po con deliberazione n°3 del 29 dicembre 2020 ed approvato con deliberazione n°5 del 20 dicembre 2021 e definitivamente approvato con D.P.C.A. del 1° dicembre 2022.

Il Fiume Brembo fa parte del Reticolo Principale (RP) e le Mappe di pericolosità del PGRA delimitano tre fasce:

- Scenario raro P1/ L
- Scenario poco frequente P2/ M
- Scenario frequente P3/H

Il PAI ed il PGRA possono avere delimitazioni diverse, in questo caso deve essere preliminarmente applicata la norma più restrittiva in sede di pianificazione urbanistica salvo verifica con studi idraulici di maggior dettaglio.

Con la Deliberazione n°5/2015 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po, viene inserito il titolo V alle NTA del PAI relativo a *“Norme in materia di coordinamento il PAI ed il Piano di Gestione dei Rischi d'Alluvione (PGRA)”*.

Il titolo V delle NTA del PAI all'art. 58 stabilisce, relativamente al “Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP)” quanto segue:

- Nelle aree interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H) vengono applicate le limitazioni e prescrizioni previste per la fascia A del PAI
- Nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M) vengono applicate le limitazioni e le prescrizioni previste per la fascia B del PAI.
- Nelle aree interessate da alluvioni rare (aree P1/L) vengono applicate le limitazioni e le prescrizioni previste per la fascia A del PAI.

La fascia di esondazione (fascia B) si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento assunta con TR 200 anni ovvero sino

alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento) dimensionate per la stessa portata.

L'area in esame, ovvero il comparto A del PII, come risulta dalla tavola 07, è esterna alla fascia B e ricompresa parzialmente nella fascia C del PAI.

Per quanto concerne il PGRA vigente, una parte marginale del comparto A risulta essere compresa nella fascia P2/M quindi attribuibile, da un punto di vista normativo, alla fascia B.

Le aree comprese nella fascia P2/M non saranno soggette al riporto di materiale.

Si evidenzia ad ogni modo che risulta evidente l'incoerenza di tali delimitazioni con l'assetto morfologico dei luoghi e con gli studi idraulici/morfologici elaborati dalla Autorità di Bacino del fiume Po.

Infatti, nella tab. 5.12 del documento *“Profili di piena dei corsi d'acqua del reticolo principale”* (Autorità di Bacino del Fiume Po, marzo 2016) la sezione 034_01 BREMBO, che interseca ortogonalmente l'area in esame, indica la quota idrica con TR 200 a m 228,81 s.l.m.

Per il fiume Brembo alla sezione del Ponte di Briolo, posta circa 1000 m a valle dell'area in esame, viene calcolata una Q200 di mc/sec 1580 (documento ABFPO sopracitato).

In planimetria, come ricavabile dal Geoportale di Regione Lombardia, il limite della fascia P2/M si sviluppa, sulla base del rilievo topografico di dettaglio, prima a quota m 228- 230 s.l.m e poi interseca una scarpata di terrazzo morfologico a quota 234 ÷ 237 m s.l.m. (**è evidente l'errore grafico della delimitazione della fascia P2/m del PGRA**).

L'area maggiormente depressa del comparto A (piazzale inferiore) oggetto di intervento nel PII proposto si posiziona, sulla base di un rilievo topografico di dettaglio agli atti della proposta di PII, a quota 232 m s.l.m., quindi circa 4 metri al disopra della quota idrica con TR 200 e quindi, per definizione, è di fatto **esterna alla fascia B di esondazione**.

A dimostrazione di quanto sopra si propone in figura 4C delimitazione corretta della Fascia P2/M del PGRA redatta sulla base di rilievo topografico di dettaglio.

Si ribadisce che, in attesa di un possibile e probabile aggiornamento delle fasce PGRA da parte dell'Autorità competente, l'area interessata dal riporto nella variante da autorizzare, consistente quindi in una parzialità del comparto A del PII, è solamente e parzialmente ricompresa nella fascia C del PAI e P1/L del PGRA normate dall'art. 31 delle NTA del PAI che non vietano gli interventi previsti dal PII in esame. **Vengono quindi escluse per il momento le aree interessate dalla fascia P2/M.**

Viene prevista inoltre la possibilità di incrementare le aree e i volumi di riporto, con il conseguimento di un PdC, occupando tutto il comparto A nel caso in cui venga riconosciuta la variante al PGRA entro i 5 anni dall'approvazione del presente PII.

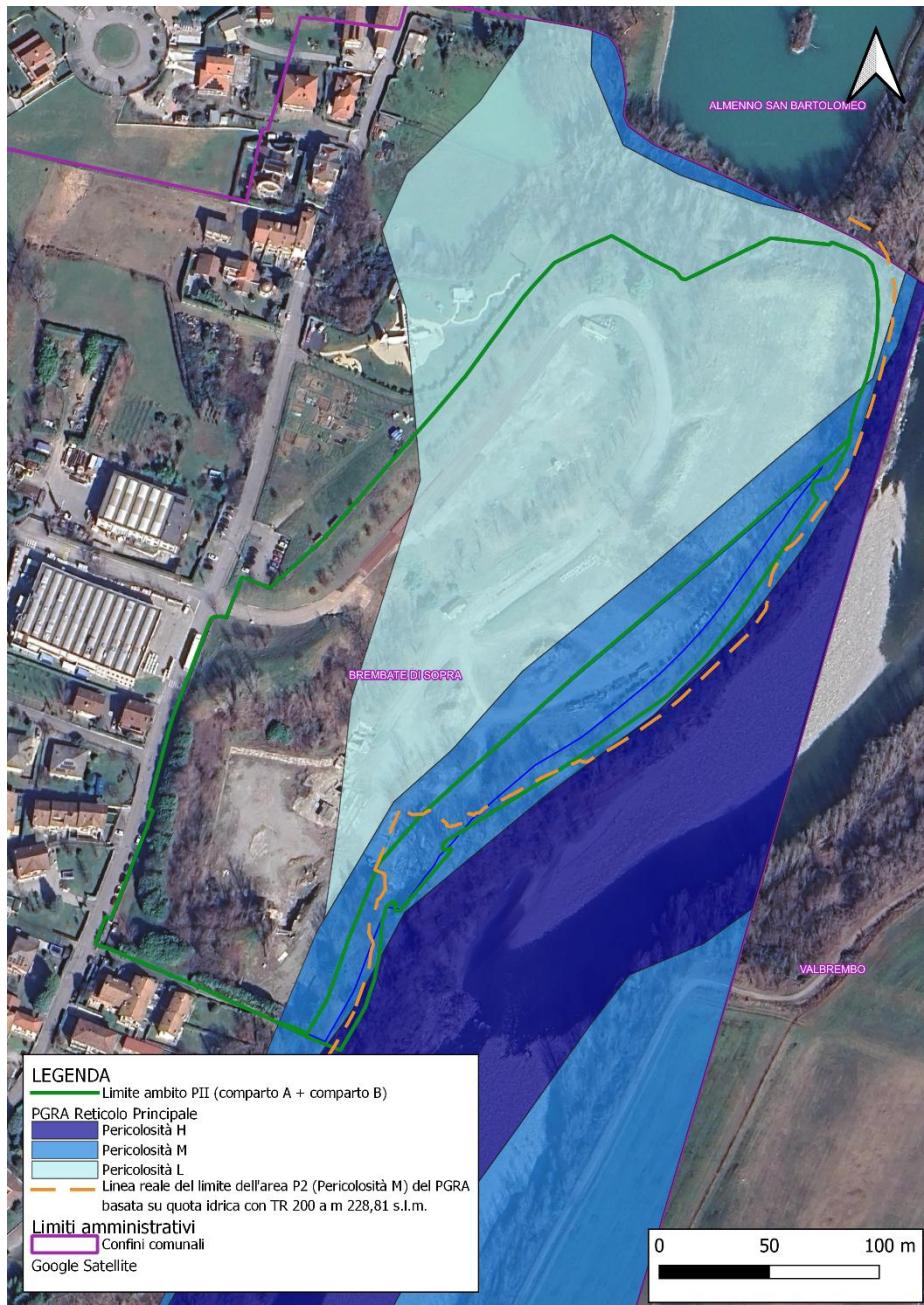


Figura 4C: Inquadramento con le fasce PGRA e la fascia reale del limite dell'area P2 basata sulla quota idrica con TR 200 a 228,81 m s.l.m.

4.4 Reticolo Principale

In base alla deliberazione n. 5/2015 del Comitato Istituzione dell'Autorità di Bacino del fiume Po, viene inserito il titolo V alle N.T.A. del P.A.I. relativo a “norme in materia di coordinamento tra il PAI ed il Piano di Gestione dei Rischi d'alluvione (P.G.R.A.).

Il titolo V delle N.T.A. del PAI all'art. 58 relativamente "reticolo principale di pianura e fondovalle (RP) a cui si fa riferimento l'area ricade

Le Deliberazioni della Giunta Regionale n. 7/7868 – 2002 e n. 7/13950 – 2003 individuano i tratti di competenza del reticolo principale all'interno del territorio regionale. Il perimetro del PII risulta marginalmente interno alla fascia di 10 m dal fiume Brembo ai sensi del R.D. n. 523/1904 (**Figura 4D**). Si evidenzia ad ogni modo che le aree interne alla fascia dei 10 m sono aree esterne alla reale area di intervento, risultando esterne alla recinzione.



Figura 4D: Ubicazione dell'area in esame rispetto alla fascia di rispetto dei 4 m e dei 10 m del fiume Brembo.

5.0 VINCOLI TERRITORIALI

All'interno della tavola A8 "Carta dei Vincoli" del PGT vigente il compendio ex produttivo denominato Cava ex Zanardi risulta ricompreso per l'intera superficie in aree soggette a vincolo paesaggistico ai sensi dell'art. 142 del D.Lgs. 22/01/2004 n. 42 – *Aree tutelate per legge - lettera c) (i fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775, e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna) (Figura 5A).*

Il previsto progetto d'intervento per la sistemazione morfologica dei luoghi dovrà essere oggetto ad autorizzazione paesaggistica di competenza comunale.

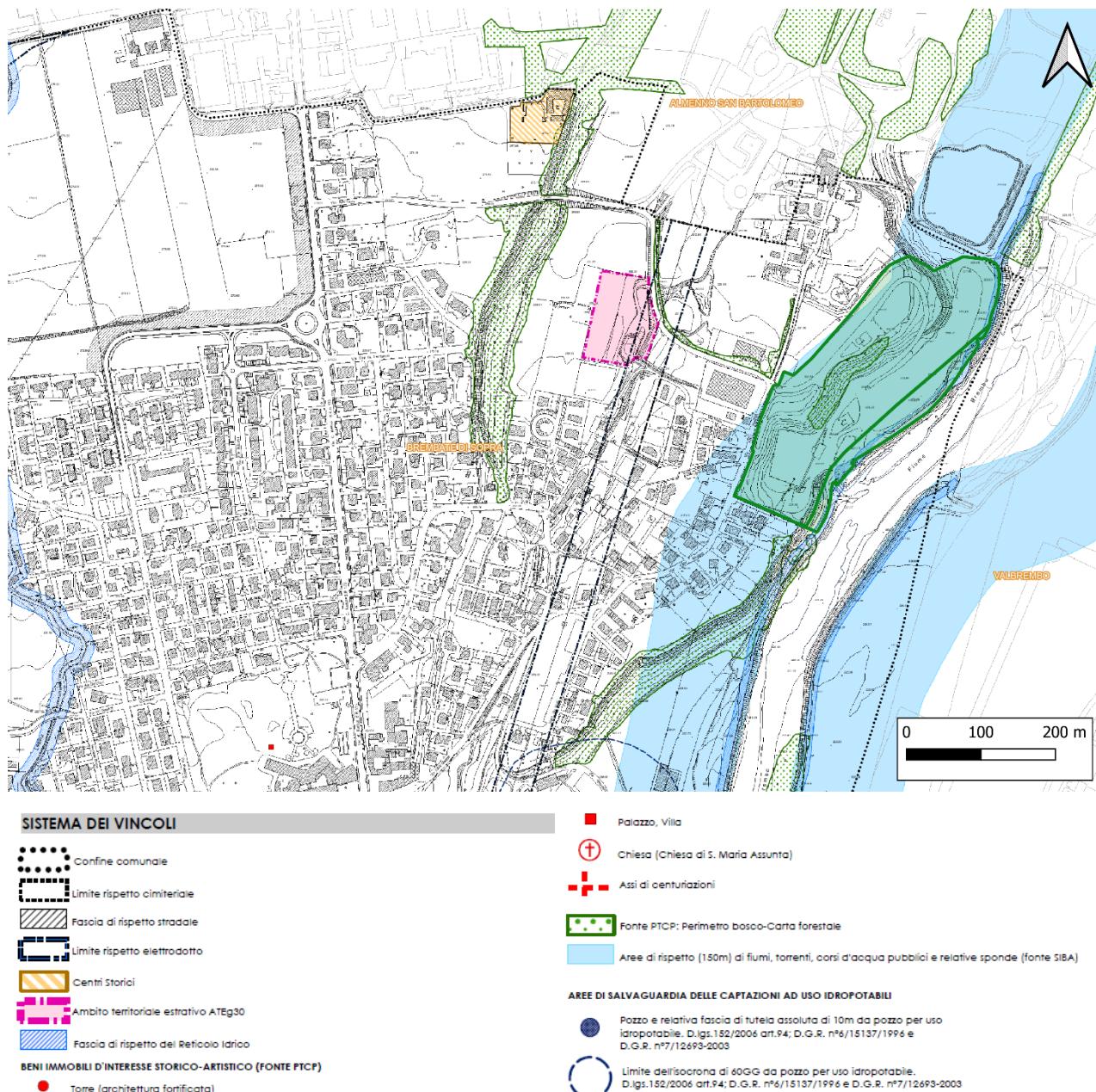


Figura 5A: Stralcio tavola A2 "Vincoli amministrativi vigenti" del PGT

6.0 PROBLEMATICHE AMBIENTALI

Come già descritto nei capitoli precedenti, l'area è stata interessata per decenni, da attività estrattiva di sabbia e ghiaia che ha modificato sostanzialmente l'assetto morfologico dei luoghi e da attività produttive finalizzate alla produzione di aggregati naturali e di conglomerato cementizio con l'installazione d'impianti e relative pertinenze. L'area si presenta attualmente in uno stato di abbandono e degrado con la parziale demolizione degli impianti.

In un recente passato nel settore nord dell'area in corrispondenza dei mappali n. 358 e 5681 del foglio 2 censuario Brembate Sopra, per una superficie di circa mq 8.827 e per un volume di circa mc 60.000 (vedasi **fig. 6B** e documentazione fotografica) è stato depositato materiale esterno oggetto di specifica indagine ambientale, mediante indagini dirette con prelievo di campioni ed analisi chimico/fisiche condotte in contraddittorio con ARPA dipartimento di Bergamo, oggetto di una relazione dettagliata a cui si rimanda.

In sintesi, tale indagine ha evidenziato la presenza di *“un terreno di riporto da sabbioso-ghiaioso a prevalentemente limoso con frammenti rocciosi mischiati a frammenti di laterizi e macerie eterogenee in quantità variabile”*. Localmente è stata individuata una cospicua presenza di *“materiale vegetale”* (legname).

Le analisi chimico fisiche hanno evidenziato superamenti della colonna A *“siti a verde pubblico, privato e residenziale”* della Tab. 1 All. 5 della Parte IV del D.Lgs 152/06.

I superamenti che coinvolgono soprattutto la parte superficiale del deposito hanno riguardato per lo più parametri appartenenti al gruppo degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) ed agli idrocarburi C>12. Più raro il superamento di alcuni metalli quali Zinco e Carbonio.

Tutti i campioni di terreno di riporto analizzato e sottoposto al test di cessione come previsto del D.M. 5/02/98 si sono rilevati conformi al limite tabellare di legge previsti dalla tab. 2 *“acque sotterranee”* dell'allegato 5 della parte IV del D.Lgs 152/06.

I campioni di terreno sui quali è stato eseguita un'analisi di caratterizzazione del rifiuto sono stati definiti *“rifiuti misti”* da attività di costruzione e demolizione *“con attivazione del codice EER 17.09.04 e classificati come “rifiuti non pericolosi””*.

Come concordato con gli Enti tale materiale, illecitamente conferito per mc 29.000, necessita di trattamenti ai fini della perdita della qualifica di rifiuto.

Inoltre, nell'ambito dell'indagine ambientale svolta sul materiale sopra descritto sono stati effettuati prelievi di campioni del terreno dell'area, con l'esecuzione di nove trincee (da T1 a T9) e cinque sondaggi a carotaggio continuo (da S1 a S5), collocate come da planimetria sottostante.

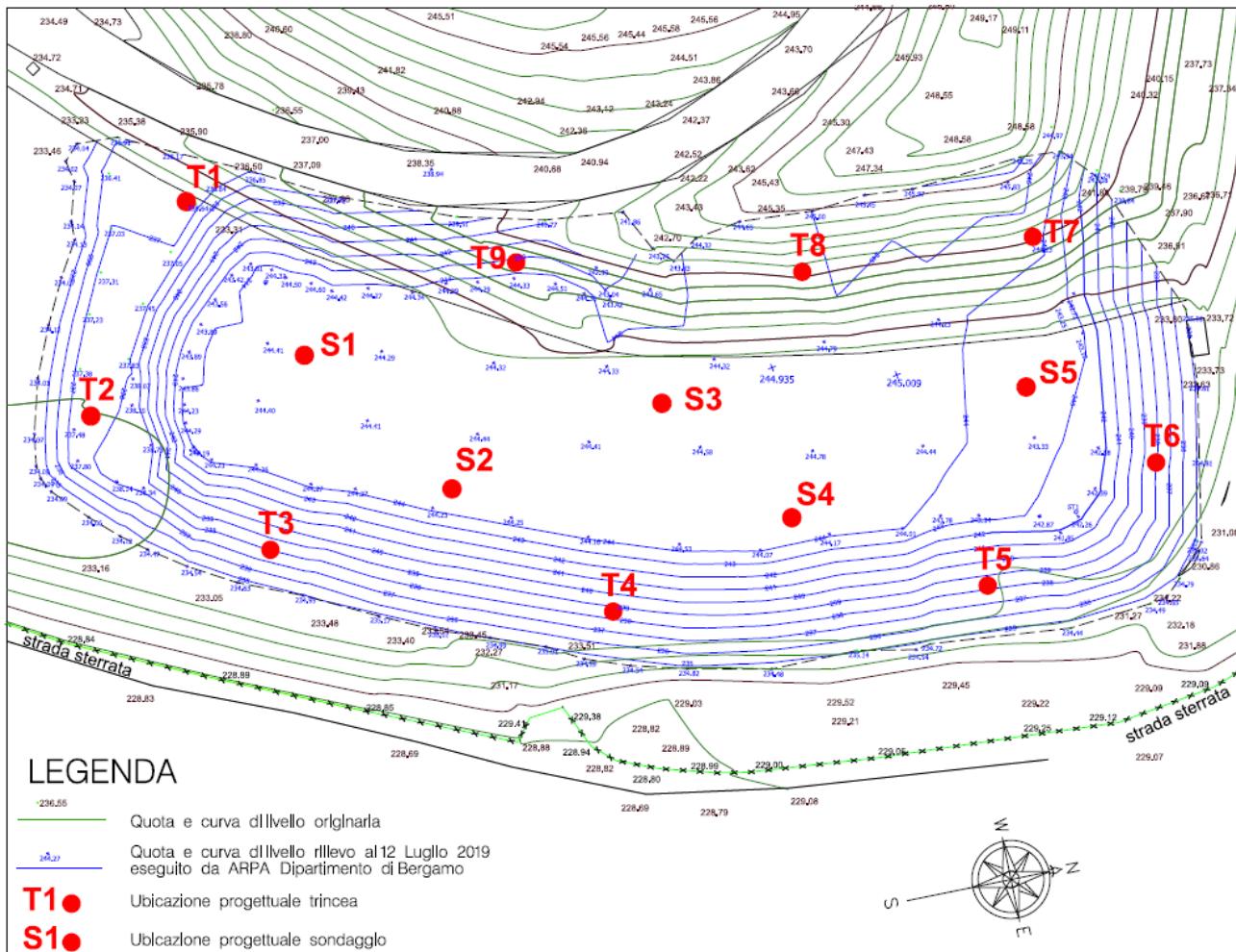
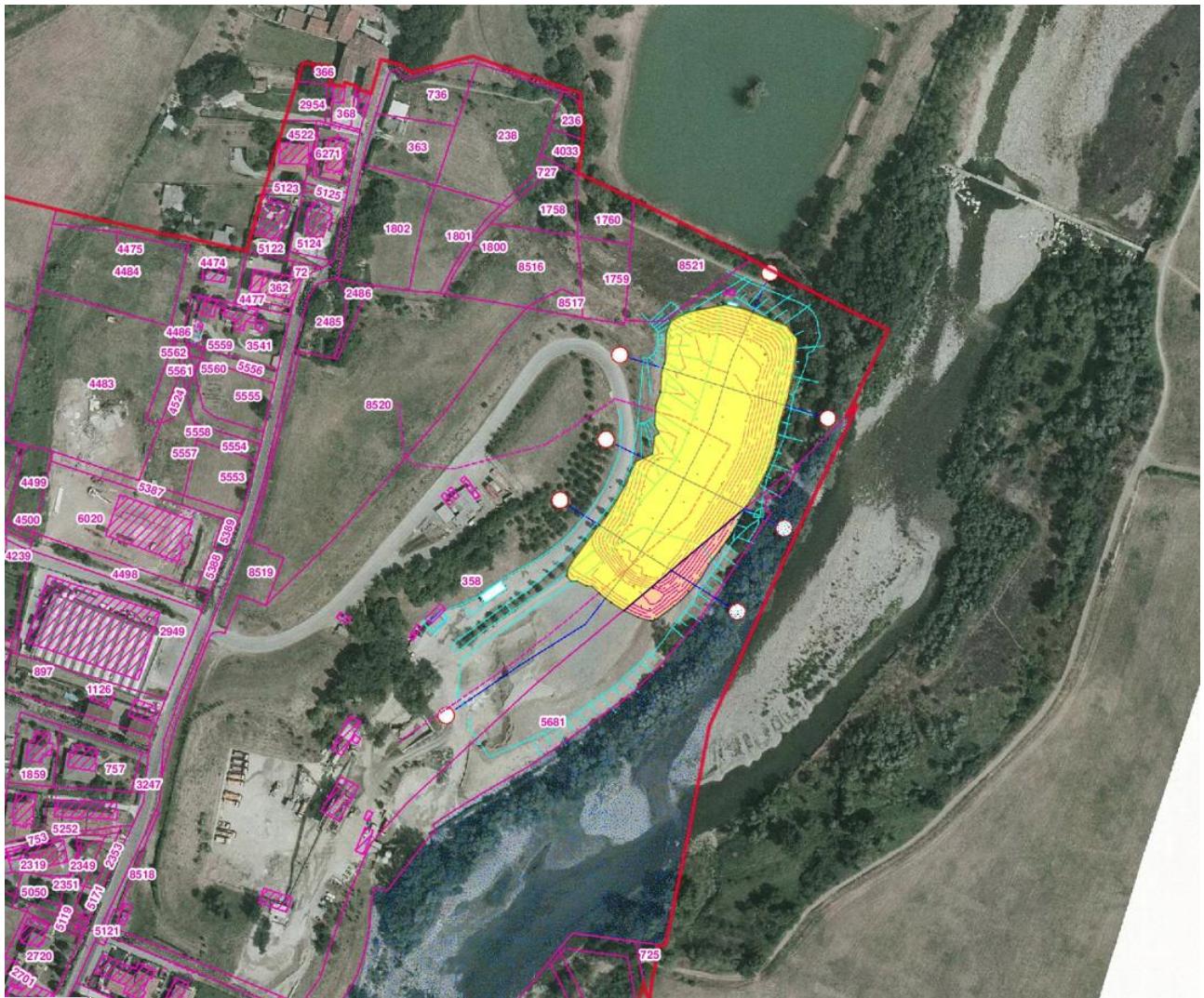


Figura 6A: Posizione dei sondaggi e trincee svolte per le indagini ambientali sul terreno dell'area.

Anche nei campioni prelevati sul terreno le analisi chimico fisiche hanno evidenziato superamenti solo della colonna A “*siti a verde pubblico, privato e residenziale*” della Tab. 1 All. 5 della Parte IV del D.Lgs 152/06, perlomeno concentrati nel primo metro analizzato.

Inoltre, tale deposito presenta situazioni di instabilità morfologica in particolare lungo il versante a monte del percorso pedonale e ciclabile prossimo alla sponda del fiume Brembo, peraltro molto frequentato, e quindi è necessario un rimodellamento ai fini di garantire la stabilità e la sicurezza dei luoghi.

La situazione generale di degrado dell'area impone interventi urgenti onde evitare situazioni pericolose.

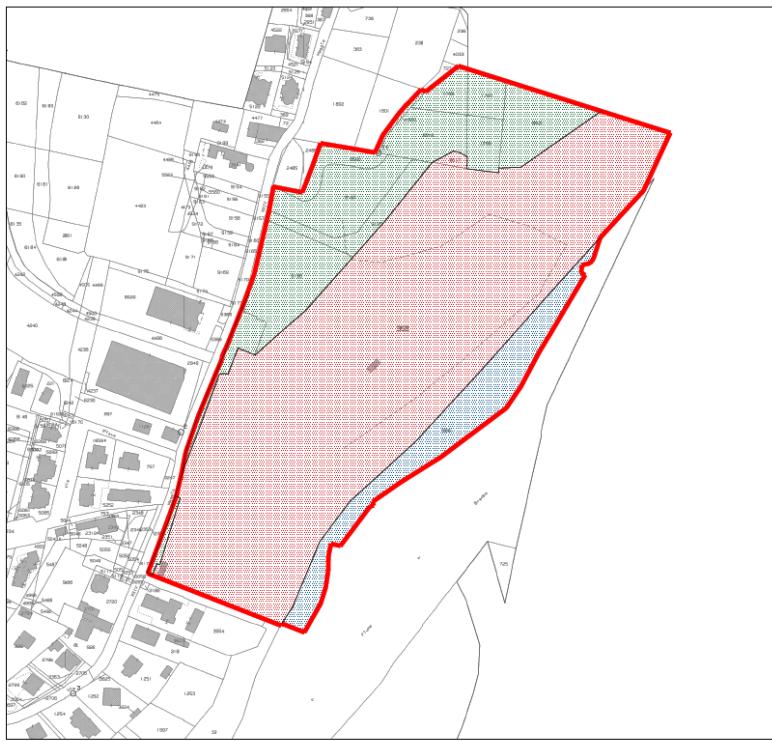


Deposito "materiale" proveniente dall'esterno

FIGURA 6B: Localizzazione deposito materiale esterno

Come si evince dalla figura 6B, parte delle aree su cui è depositato il materiale da sottoporre a trattamento ai fini della perdita della qualifica di rifiuto è di proprietà demaniale.

La variante al PII prevede la rimozione e riqualificazione a prato di tutte le aree interessate dal deposito di materiale e il conseguente recupero come da progetto, per le aree demaniale e/o interessate da fascia P2/M del PGRA quindi recuperate a prato e le rimanenti aree con riporto di materiale e destinazione produttivo – artigianale - terziaria e commerciale di servizio e attività compatibili.



LEGENDA VARIANTE P.I.I.

PERIMETRO P.I.I. ORIGINARIO

LIMITE DI PROPRIETÀ'

AREA DEMANIALE

AREA DI PROPRIETÀ'
RONCELLI COSTRUZIONI SRL:
FOGLIO 2 - Mappale 358 sub.701
FOGLIO 2 - Mappale 8517

AREA CEDUTA AL COMUNE DI
BREMBADE DI SOPRA

FIGURA 6C: Proprietà delle aree dell'ambito.



Visione sommitale del rilevato verso nord



Fronte meridionale del rilevato

FIGURA 6D: Documentazione fotografica del “deposito” materiale esterno

L’ipotesi d’intervento prevede il trattamento in loco del “rifiuto non pericoloso” classificato come “rifiuti misti da attività di costruzione e demolizione” a cui è stato attribuito un codice EER 17.09.04 previa acquisizione dell’autorizzazione provinciale, con una campagna di recupero R5, così come definite dall’Allegato C della parte IV del D.Lgs 152/06, con impianto mobile da parte di Ditta autorizzata ed iscritta all’Albo Gestori Rifiuti ai sensi dell’art. 208 comma 15 del D.Lgs. 152/06 e la trasformazione dello stesso in M.P.S. (Materia Prima Secondaria).

Tale materiale potrà essere utilizzato per il recupero ambientale e rimodellamento dell’area secondo un progetto che garantisca la stabilità morfologica dei luoghi.

Tale progetto dovrà ottenere adeguati titoli edilizi ai sensi del DPR 380/01 e della L.R. 12/05 s.m.i. e l’autorizzazione paesaggistica ai sensi del D.Lgs 42/2004.

La Legge 29 luglio 2021 n.108, entrata in vigore il 31 luglio 2021, ha convertito con modifiche il Decreto-legge 31 maggio 2021, n.77 il quale all’art. 35 comma 1, lettera 1 bis del punto 7 dell’allegato IV alla parte seconda del D.Lgs 152/06 sono aggiunte le seguenti parole.

“ad esclusione degli impianti mobili volti al recupero di rifiuti non pericolosi provenienti dalle operazioni di costruzione e demolizione qualora la campagna di attività abbia una durata inferiore a novanta giorni....”

Si ritiene che considerato il volume di mc 29.000 e la produttività media di un pianto mobile che la campagna di trattamento possa essere inferiore ai 90 giorni escludendo quindi la stessa dalla verifica di assoggettabilità alla VIA.

Qualora la durata presunta dell'intervento sia superiore ai 90 giorni esso sarà soggetto a verifica di assoggettabilità alla Via di cui alla Parte seconda del D.Lgs 152/06 di competenza dell'Amministrazione Provinciale.

Inoltre, si specifica che, così come previsto dalla Circolare della Regione Lombardia n. Q1.2010.00.1680 del 27 gennaio 2010, l'attività R5 di recupero rifiuti non è soggetta all'applicazione del Regolamento Regionale n.4/2006 in quanto il quantitativo è inferiore a mc 30.000.

7.0 MATERIALI UTILIZZATI PER LA SISTEMAZIONE MORFOLOGICA DELLE AREE

L'intervento di sistemazione morfologica dell'area come illustrato in appendice (planimetria e sezioni) prevede in sostanza il ripristino della morfologia maggiormente naturaliforme dei luoghi con la riproposizione del ripiano superiore posto a quota media di 247m s.l.m. interessato a suo tempo dall'attività estrattiva, su cui verranno installati dei corpi di fabbrica.

A tale scopo è necessario riportare "materiale inerte" I.s. per circa mc 265.000 comprensivo del volume del materiale oggetto di trattamento e corrispondente a circa mc 29.000, di cui al cap. 6.0, e incrementabile di circa 30.000 all'approvazione della variante alle fasce PGRA di cui sopra come normato dalle NTA del PII.

A tale scopo potranno essere utilizzati, in base alla destinazione urbanistica dell'area, i seguenti materiali:

- SOTTOPRODOTTI, articolo 184-bis, del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 ss.mm.ii. ⁽¹⁾ (**materiale di recupero**)
- TERRE E ROCCE DA SCAVO, Decreto del Presidente della Repubblica 13 giugno 2017, n. 120⁽¹⁾ (**materiale di recupero**)
- MATERIE PRIME SECONDE (cosiddette MPS), punto 7.31 bis, Decreto Ministeriale 5 febbraio 1998 ss.mm.ii. ⁽¹⁾ (**materiale di recupero**)
- MATERIALI CHE HANNO CESSATO LA QUALIFICA DI RIFIUTO (cosiddetti EoW):
 - articolo 184-ter, Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 ss.mm.ii. ⁽¹⁾
 - D.g.r. 13 settembre 2021 - n. XI/5224 ⁽²⁾
 - D.g.r. 12 aprile 2023 - n. XII/134 ⁽³⁾
 - D.g.r. 7 marzo 2022 - n. XI/6071 ⁽³⁾
- MATERIALI LEGATI CON LEGANTI IDRAULICI (MISTI CEMENTATI E CALCESTRUZZI) realizzati anche con materiali di recupero

⁽¹⁾ Potranno essere utilizzati, in base alla destinazione urbanistica dell'area, materiali conformi alla Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii. "Concentrazioni soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare" colonna B "Siti ad uso commerciale e industriale" nelle aree V2/3 – AREE VERDI PRIVATE DI MITIGAZIONE AMBIENTALE e nelle aree D6 – AREE DI PERTINENZA COMPRESA IMPRONTA NUOVI EDIFICI. Nell'area destinata al Belvedere (V1/3), che sarà poi restituita al Comune, verrà utilizzato materiale in colonna A "Siti ad uso residenziale e verde pubblico".

⁽²⁾ Estratto dalla D.g.r. 13 settembre 2021 - n. XI/5224:

5. Scheda analitica per ciascun utilizzo tipico Gli aggregati ottenuti dalla scoria nera sono validamente utilizzati per la costruzione di sottofondi stradali non legati come regolamentata nel "Capitolato speciale d'appalto tipo per lavori stradali" del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. L'esperienza tecnica di utilizzo della scoria nera da forno elettrico in Italia è già consolidata nell'impiego per sottofondi stradali. Gli aggregati impiegati dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento Europeo 305/2011, e ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante le conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13242.

⁽³⁾ Estratto dalla D.g.r. 12 aprile 2023 - n. XII/134 e dalla D.g.r. 7 marzo 2022 - n. XI/6071:

Scheda imprese di destinazione 6 - Sottofondi e rilevati stradali

Il materiale per i sottofondi e i rilevati stradali è sostanzialmente un riempitivo che deve dare delle garanzie di stabilità. Attualmente alcuni materiali di scarto di fonderia (terre/sabbie, fini di terre, scorie di fusione) possono essere utilizzati per questo impiego. Per classificare terre/sabbie la norma tecnica di riferimento utilizzabile è la norma UNI EN 16907:2019 – Parte 2

SEZIONE TIPO DI RIEMPIMENTO

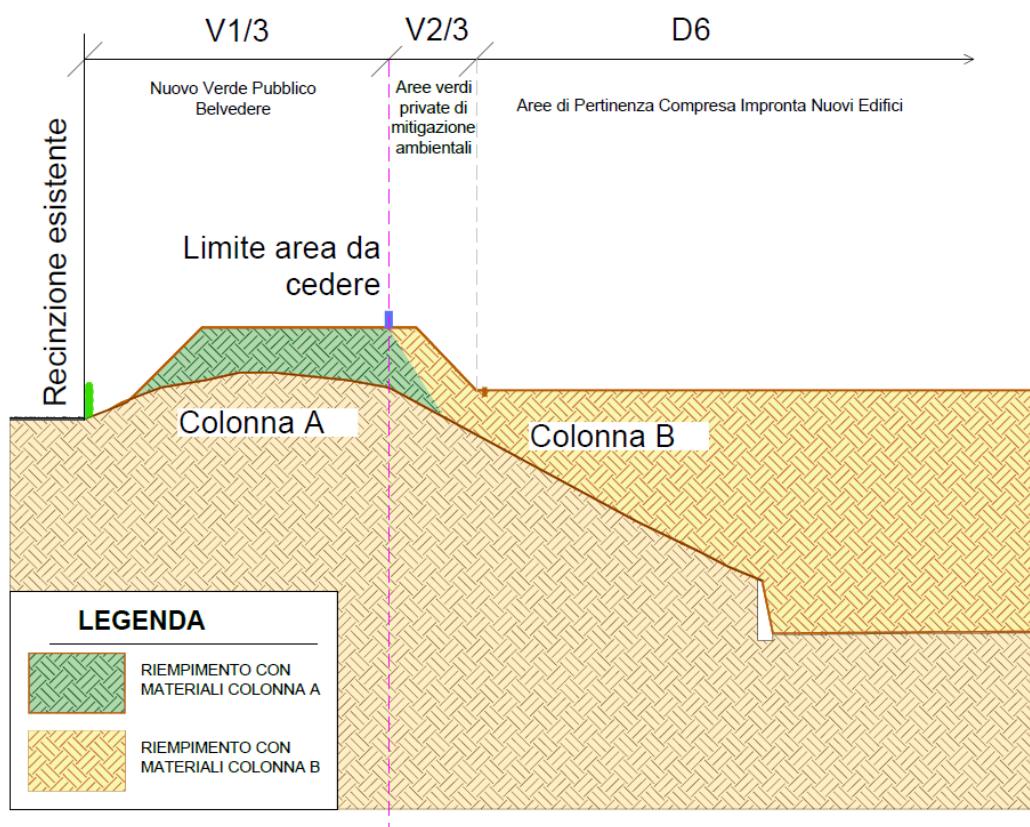


FIGURA 7A: Sezione tipo dei materiali utilizzati per il riempimento differenziato per limiti da rispettare.

Le tipologie di opere realizzabili con i materiali di recupero sono le seguenti:

- riempimento/ripristino morfologico della colmata con materiale non legato;
- realizzazione del corpo di rilevati con materiale non legato;
- realizzazione di strati accessori con funzione anticapillare, antigelo, drenante con materiale slegato;
- realizzazione di sottofondi e fondazioni per opere stradali con materiale non legato o legato (misti cementati, conglomerati cementizi);
- realizzazione di strati di fondazione e sottofondazione, opere edili in genere, riempimenti nelle aree di inviluppo edificatorie / piazzali, effettuate con materiale non legato o legato (misti cementati, conglomerati cementizi);

- realizzazione di strutture edili con calcestruzzo.
- i materiali di recupero prodotti ai sensi delle richiamate DGR (vedi punti 2 e 3) impiegati in modalità non legata saranno utilizzati esclusivamente per la costruzione di sottofondi e rilevati stradali al fine di fornire il cantiere di idonea viabilità per operare in sicurezza con i mezzi operativi, nella fase di realizzazione del ripristino morfologico e recupero ambientale.

Durante le operazioni di riempimento che avverrà per fasi progressive, oltre a macchine movimento terra quali escavatori, terne, pale meccaniche verranno utilizzati impianti mobili per la riduzione volumetrica e la selezione del materiale con lavorazioni a secco per l'eventuale recupero e riutilizzo come sottoprodotti delle frazioni grossolane sabbioso-ghiaiose. Questo genere di intervento rientra nell'ambito dell'economia circolare, rispettando i principi della L.R. n. 20 del 08/11/2021, evitando l'utilizzo di materie prime e recuperando materiale idoneo al ripristino morfologico che verrà utilizzato in situ.

Per le operazioni sopracitate, verranno utilizzate infrastrutture attualmente presenti nell'area, quali la pesa e l'edificio degli uffici.

Tali attività saranno soggette ad acquisizione di Autorizzazione Unica Ambientale (A.U.A.) per quanto concerne le emissioni in atmosfera.

Al fine di garantire la stabilità del manufatto in relazione alle caratteristiche geotecniche del materiale riportato ed alla morfologia finale dei luoghi si potranno utilizzare, per il rinforzo delle scarpate di raccordo, *“terre rinforzate”* che consentono il rinverdimento e quindi il miglior inserimento ambientale dell'intervento.

L'utilizzo di terre rinforzate è coerente con il progetto e il contesto in cui viene inserito, migliorandone le caratteristiche ambientali, geotecniche, idrogeologiche e idrauliche. Il loro inserimento, infatti, permette di ottenere scarpate di raccordo con inclinazioni più naturali e rinverdibili, con una maggiore e migliore stabilità globale, mantenendo la permeabilità del terreno e non incidendo quindi sul regime idrogeologico. Oltre tutto, una migliore stabilità della conformazione della scarpata permette di garantire un comportamento idraulico superficiale migliore e corretto, limitando i fenomeni di filtrazione preferenziale, ruscellamenti ed erosione.

Si ribadisce, come descritto in precedenza, che non sussiste rischio idraulico dato dal fiume Brembo sulle scarpate di riporto in quanto il progetto prevede di mantenere le aree oggetto di riporto di materiale esternamente alla fascia B del PAI e all'area P2/M del PGRA che determinano le aree a rischio di esondazione e, inoltre, la quasi totalità area del PII si colloca ad un'area superiore alla quota idrica con TR 200.

Si prevede che l'intervento di sistemazione morfologica possa essere completato in 10 anni. Si evidenzia inoltre che le operazioni di recupero del materiale presente in situ descritte in precedenza saranno svolti in via prioritaria rispetto alle altre opere previste, con partenza prevista appena ricevute le autorizzazioni necessarie e con una durata che, come detto, non supererà i 90 giorni. Questa decisione è dettata da due motivazioni principali: infatti per motivi operativi, prima di poter

intervenire con il riporto e la ridefinizione morfologica è necessario liberare l'area dal materiale attualmente presente in situ. C'è poi una motivazione di sicurezza in quanto, come evidenziato in precedenza, esiste una problematica di stabilità morfologica dei versanti del cumulo di materiale.

8.0 COERENZA BACINO DI LAMINAZIONE CON I DISPOSTI DELL'ART.104 COMMA 1 D.LGS. 152/06

Il progetto di raccolta delle acque descritto nell'Allegato E "Relazione tecnica preliminare invarianza idraulica" risulta coerente con i disposti di cui all'art. 104 comma 1 del D.Lgs. 152/06, che vieta gli scarichi diretti in falda o in sottosuolo.

Infatti, il progetto prevede una dispersione tramite un bacino di laminazione a nordest e tramite un sistema di pozzi che scaricheranno a suolo o nei primi strati del sottosuolo, non direttamente in falda in quanto la quota della falda si colloca mediamente a circa 10 m dall'attuale quota dell'area, che in seguito alle operazioni di rimodellamento morfologico arriveranno fino a circa 30 m.

Per la definizione dei dettagli relativi all'invarianza idraulica si rimanda all'allegato sopracitato.

9.0 VERIFICHE DI STABILITÀ

Si evidenzia come il procedimento in esame, e di conseguenze le verifiche descritte in questo capitolo, ricada nell'ambito di variante urbanistica, gli studi di dettaglio del progetto verranno elaborati e approvati in una seconda fase, nel corso dell'approvazione al progetto attuativo.

La verifica di stabilità che viene descritta a seguire non è quindi da intendersi come definitiva e valuta la fattibilità del progetto in questa fase iniziale dell'iter autorizzativo, basandosi sulla sezione tipo A-A' presente nella Tav.06 – Planimetria, ritenuta la sezione potenzialmente più critica, e sarà successivamente integrata e completata in fase di progetto attuativo con i dettagli progettuali e operativi che saranno definiti in seguito.

Lo scenario ipotizzato di “terre rinforzate” non rappresenta quindi il progetto attuativo, ma una possibile ipotesi minima per garantire la stabilità del fronte. Si rimanda alla fase successiva di progettazione e autorizzazione ai fini di una definizione maggiormente dettagliata.

Le verifiche di stabilità nel seguito illustrate sono state condotte sulle scarpate che si origineranno da progetto, considerando che esse saranno realizzate con terre rinforzate.

Nello specifico sono state eseguite 300 iterazioni di verifica per la sezione topografica del fronte individuata.

Nelle verifiche eseguite si è valutata la stabilità globale dell'intero pendio, la stabilità locale di ciascun gradone del pendio sia oggetto d'intervento che naturale, ricercando la superficie di scivolamento con il Fattore di sicurezza più basso.

La sezione tipo verificata è la A-A' (cfr. tavola planimetria) essendo questa la più critica in quanto caratterizzata da elevata pendenza ed il fronte di riporto più alto.

9.1 Caratteristiche litologiche

Alle litologie costituenti il pendio sono stati attribuiti i parametri geotecnici di seguito descritti.

Terreno vegetale

Questo rappresenta il materiale utilizzato nelle operazioni di recupero ambientale per il solo strato più superficiale, si sono attribuiti i seguenti parametri:

- litologia argilla sabbiosa con ghiaia
- densità relativa, $Dr = 0\%$
- angolo d'attrito interno di picco $\phi'p = 25^\circ$
- peso di volume γ sopra falda = 1800 kg/m^3
- peso di volume saturo = 2000 kg/m^3
- coesione $c = 20 \text{ kPa}$

Piazzale asfaltato

Questo è presente nella parte sommitale della nuova area pianeggiante originata dal riporto, ai fini della stabilità è considerabile ininfluente ma è stata inserita per completezza ai fini della contestualizzazione dell'area, si sono attribuiti i seguenti parametri:

- litologia asfalto
- densità relativa, $Dr = 70\%$
- angolo d'attrito interno di picco $\phi'p = 45^\circ$
- peso di volume γ sopra falda = 2400 kg/m^3
- peso di volume saturo = 2400 kg/m^3
- coesione $c = 15 \text{ kPa}$

Materiale di riporto

Questo rappresenta il materiale utilizzato per il riporto a costituire la nuova morfologia, si sono attribuiti i seguenti parametri:

- litologia limo sabbioso con ghiaia e ciottoli
- densità relativa, $Dr = 0\%$
- angolo d'attrito interno di picco $\phi'p = 27^\circ$
- peso di volume γ sopra falda = 1900 kg/m^3
- peso di volume saturo = 2200 kg/m^3
- coesione $c = 25 \text{ kPa}$

Deposito ghiaioso-sabbioso (naturale)

Esso rappresenta il substrato costituente il deposito sabbioso-ghiaioso che costituiva in passato il materiale oggetto di attività estrattiva, trattasi di deposito fluviale del Fiume Brembo, si sono attribuiti i seguenti parametri:

- litologia ghiaiosa-sabbiosa con presenza di ciottoli
- densità relativa, $Dr = 70\%$
- angolo d'attrito interno di picco $\phi'p = 35^\circ$
- peso di volume γ sopra falda = 1850 kg/m^3
- peso di volume saturo = 2050 kg/m^3
- coesione $c = 0 \text{ kPa}$

I profili su cui sono state eseguite le verifiche sono mostrati di seguito e rappresentano le sezioni tipo.

Nei report estratti dal software di calcolo la linea rossa rappresenta la superficie di scivolamento che ha restituito il F_s minimo, mentre in azzurro tutte le superfici verificate.

Si è provveduto ad inserire le terre armate come opere di sostegno lungo le due scarpate in riporto, rappresentate in fucsia nella sezione di seguito mostrata.

LEGENDA:

 Terreno vegetale

 Piazzale asfaltato

 Materiale di riporto

 Ghiaia e sabbia (naturale)

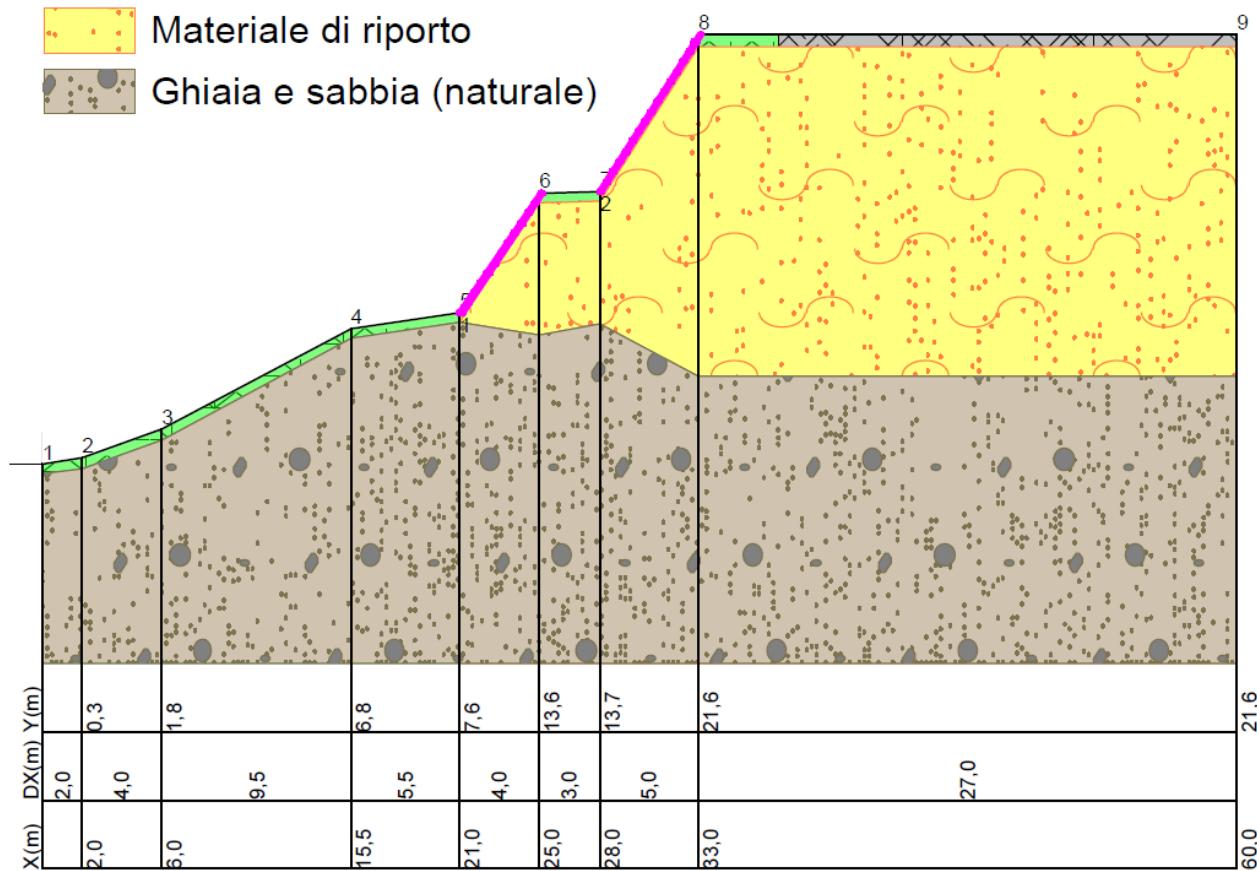


FIGURA 9A: Sezione tipo considerata ai fini delle verifiche di stabilità, in fucsia le terre rinforzate

9.2 Metodo di calcolo

Le verifiche sono state eseguite ai sensi del D.M. 17.01.2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) le quali prevedono l'esecuzione di verifiche in condizioni di assenza di sisma ed in condizioni sismiche.

9.2.1 Condizioni statiche (assenza di sisma)

In assenza di sisma, la verifica di stabilità globale deve essere eseguita secondo l'**Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2)** tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e, nella Tab. 6.8.I, per le resistenze globali.

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_{γ}	1,0	1,0

Tab. 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

9.2.2 Condizioni dinamiche (sismiche)

Il paragrafo 7.11.1 delle NTC riporta che: *In condizioni sismiche le verifiche degli stati limite ultimi devono essere eseguite ponendo pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni (A) e sui parametri geotecnici (M) e impiegando le resistenze di progetto (R), con i coefficienti parziali γ_R indicati nel presente Capitolo 7, oppure con γ_R indicati nel Capitolo 6 laddove non espressamente specificato.*

In particolare per i fronti di scavo e rilevati al Capitolo 7 - par. 7.11.4 è riportato che: *Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni (condizione [6.2.1]) impiegando lo stesso approccio di cui al § 6.8.2 per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni (A) e sui parametri geotecnici (M) (§ 7.11.1) e impiegando le resistenze di progetto (R) calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1,2...$* ” Ecco i coefficienti da usare in condizioni sismiche:

A (γ_F)	M (γ_M)	R (γ_R)
1	1	1,2

9.2.3 Metodo di Bishop semplificato

Per verificare la stabilità della scarpata si è utilizzato un metodo che consente la verifica della stabilità di un pendio in terra attraverso la valutazione dell'equilibrio limite. Viene a tal fine calcolato il fattore di sicurezza alla traslazione e/o rotazione del volume di terra compreso fra la superficie topografica ed una superficie di taglio potenziale imposta o reale. La procedura di calcolo prende in considerazione tutte le forze e/o momenti agenti lungo il piano di taglio, fornendo una valutazione della stabilità globale attraverso equazioni d'equilibrio fornite dalla statica.

Il grado di stabilità di un pendio viene valutato mediante il cosiddetto “Coefficiente di sicurezza (F_s o γR)”, inteso generalmente quale rapporto tra la somma delle forze resistenti a taglio (o momenti) disponibili lungo la superficie di scorrimento, che si oppongono al movimento della massa, e la somma delle forze attive (o momenti) mobilitate, che tendono a provocare il moto lungo la stessa superficie di scorrimento. Considerando anche la forza sismica si può così indicare:

$$F_s = \frac{\text{Forze stabilizz}}{\text{Forze instabilizz} + \sum F_{sism} \cos \alpha_i}$$

La normativa vigente prescrive per i pendii e i fronti di scavo che le verifiche agli stati limite forniscano dei coefficienti di sicurezza F_s o $\gamma R \geq 1.1$ in condizioni di assenza di sisma e F_s o $\gamma R \geq 1.2$ in condizioni sismiche.

I vari metodi di calcolo prevedono la divisione della massa di cui si vuole verificare la stabilità alla rotazione e/o traslazione in un certo numero di conci al fine di poter considerare rettilinea la base di ciascuno di essi. Il metodo utilizzato è quello di **Bishop (semplificato)**, in cui si pone la condizione che le forze verticali agenti sulle superfici di separazione dei conci siano nulle, e quindi i singoli conci interagiscono fra di loro solamente attraverso forze orientate lungo la direzione orizzontale; si ipotizza inoltre una superficie di scivolamento circolare.

9.2.4 Valutazione dell'azione sismica

Per la quantificazione dell'azione sismica da sommare alle forze instabilizzanti le NTC fanno riferimento a due concetti: Pericolosità sismica di base e il reticolo di riferimento.

Le NTC valutano l'azione sismica partendo da una valutazione della “pericolosità sismica di base”, in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (suolo di categoria A). La pericolosità sismica di base è definita da un valore di accelerazione orizzontale massima a_g e da altri parametri che permettono di definire gli spettri di risposta secondo un reticolo di riferimento che copre tutto il territorio nazionale con una maglia di circa 5 km per lato. Allo stato attuale la Pericolosità sismica di base su reticolo di riferimento è fornita dai dati dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

L'azione sismica di base così individuata viene successivamente variata mediante coefficienti di amplificazione stratigrafica S_s e topografica S_T , nei modi chiaramente precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo

effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla topografia del luogo. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

L'analisi delle condizioni di stabilità del fronte in condizioni sismiche è stata eseguita mediante metodi pseudostatici.

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile che va a sommarsi alle forze instabilizzanti. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come:

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W,$$

con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot a_{max} / g$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

dove:

β_s = coefficiente di riduzione dell' a_{max} attesa pari a 0.38 (prf. 7.11.4 dm 17.01.2018);

g = accelerazione di gravità.

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

dove:

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_t) per il calcolo di tali coefficienti si rimanda al prf. 3.2.3.2.1 delle NTC.

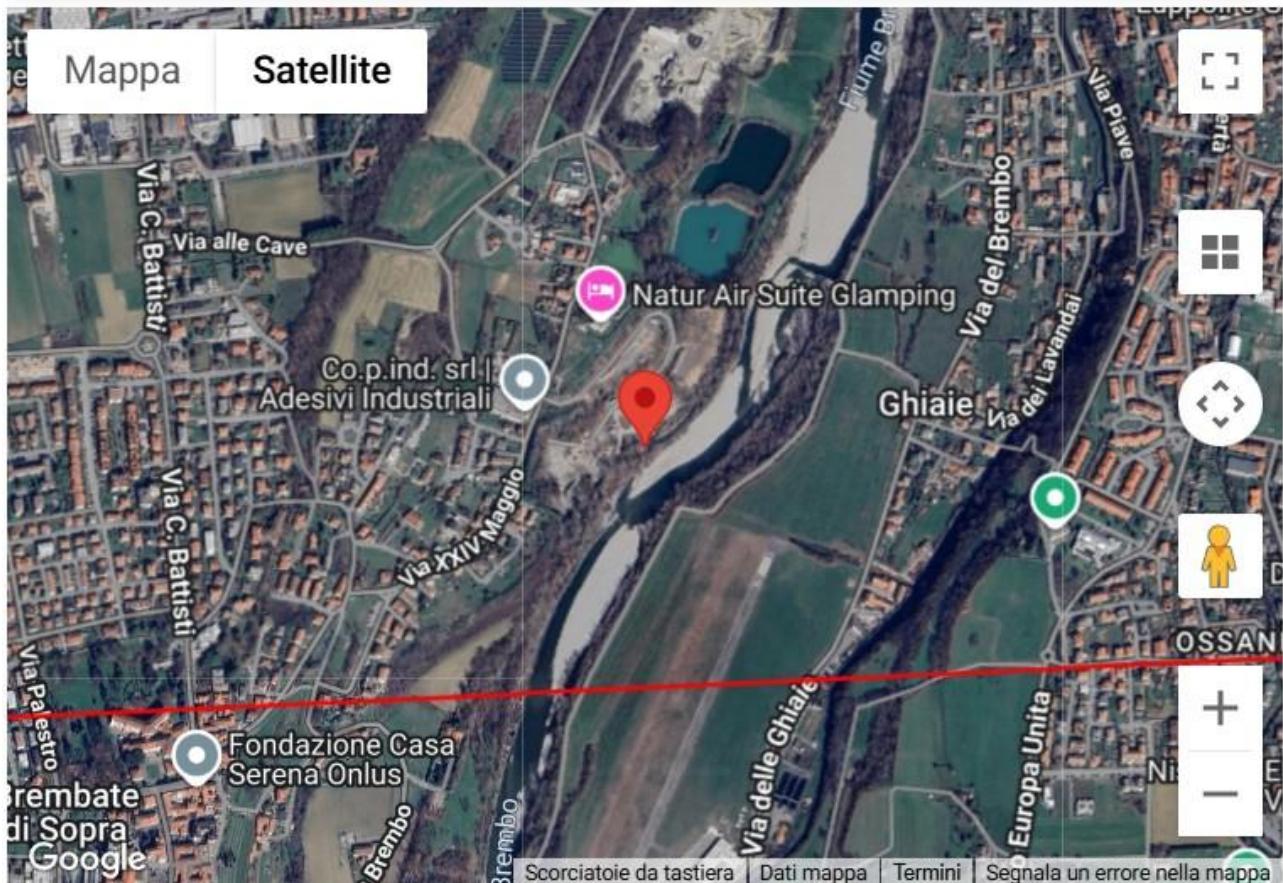
a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido

Negli allegati di calcolo del software Soils2 la a_{max} è definita come accelerazione sismica orizzontale (Ago). Quindi il valore che deve essere inserito è pari a $Ago = a_{max} / g$

Per il sito di riferimento $a_{max} = 1,890 \text{ m/s}^2$ considerando un sottosuolo di categoria C e un fattore di amplificazione topografica T4, e valutando lo stato limite ultimo SLV. Questi dati sono stati ottenuti consultando il sito Geostru (<https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>) basato sui dati INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) ed ai sensi della normativa vigente. Si riporta di seguito un estratto.

WGS84: Lat 45.724775 - Lng 9.593565

ED50: Lat 45.725699 - Lng 9.594620



Coeffienti sismici

Tipo Fronti di scavo e rilevati

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) us (m)
1 0.1

Cat. Sottosuolo

C

Cat. Topografica

T4

SLO SLD SLV SLC

SS Amplificazione stratigrafica 1,50 1,50 1,50 1,50

CC Coeff. funz. categoria 1,81 1,76 1,61 1,59

ST Amplificazione topografica 1,40 1,40 1,40 1,40

Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e so...

Vita Nominale

50

Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite Tr [anni] a_g [g] Fo Tc* [s]

Operatività (SLO) 30 0.026 2.461 0.191

Danno (SLD) 50 0.034 2.498 0.210

Salvaguardia vita (SLV) 475 0.092 2.461 0.275

Prevenzione collasso (SLC) 975 0.121 2.459 0.283

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

Acc.ne massima attesa al sito [m/s^2]

0.6

Coeffienti SLO SLD SLV SLC

kh 0.000 0.034 0.073 0.000

kv -- 0.017 0.037 --

Amax [m/s^2] 0.544 0.706 1.890 2.500

Beta -- 0.470 0.380 --

FIGURA 9B: Estratto dal sito web GeoStru riportante i coefficienti sismici di riferimento estrapolati a loro volta dai database dell'INGV

9.2.5 Risultati e considerazioni conclusive

Al fine di riassumere schematicamente i risultati è stata redatta la seguente tabella:

Sezioni di verifica	Metodo di calcolo	N° superfici verificate	Tipo di verifica e profilo considerato	Assenza sisma $Fs(y_R)$ min verificato (Limite NTC $Fs \geq 1.1$)	Cond. sismiche $Fs(y_R)$ min verificato (Limite NTC $Fs \geq 1.2$)
Sezione tipo del profilo oggetto di rimodellamento mediante riporto (cfr. planimetria progetto - sez. tipo A-A')	Bishop semplif.	300	globale	1,141	1,250
		300	profilo riporto complessivo	1,159	1,280
		300	profilo primo gradone	1,416	1,613
		300	profilo secondo gradone	1,730	1,947
		300	profilo scarpata riporto e scarpata naturale	1,508	1,618

Le verifiche eseguite in condizioni di assenza/presenza di sisma hanno offerto valori del fattore di sicurezza che non sono mai scesi sotto il dato più significativo in assoluto per un'analisi basata sul calcolo all'equilibrio limite ($Fs \geq 1$) ed in particolare al di sotto dei limiti imposti dal DM 17.01.2018, quindi $Fs \geq 1.1$ in condizioni di assenza di sisma e $Fs \geq 1.2$ in condizioni sismiche.

Le scarpate al termine degli interventi di riporto presentano pertanto condizioni di stabilità tali da garantire caratteristiche di sicurezza adeguate. Le condizioni più critiche ma sempre nei termini di legge,

È stato utilizzato il software Soils 2 della ProgramGeo esplicitamente predisposto per consentire verifiche di stabilità di fenomeni franosi su superfici di scivolamento circolari. Dal punto di vista strettamente operativo si è proceduto all'esame di più superfici di scivolamento circolari, facendo variare il punto di intersezione fra la superficie topografica e quella di scivolamento infine è stato evidenziato il coefficiente di sicurezza minimo.

Si riportano di seguito i report delle superfici verificate, l'individuazione della superficie che ha fornito il valore minimo di Fs oltre che i valori dei parametri geotecnici corretti (secondo i coefficienti parziali previsti dal DM 17.01.2018) e i valori di accelerazione sismica considerati nonché gli altri parametri inseriti nel software di calcolo.

REPORT VERIFICHE DI STABILITÀ

PARAMETRI GEOTECNICI UTILIZZATI NEL SOFTWARE SOILS 2.0

Arethusa S.r.l. Società Unipersonale

via Trento 14-Curno (Bg)-0354376882

Committente: Roncelli Costruzioni Srl

Località: Brembate di Sopra (BG)

Data: 25/11/2025

Riferimenti: Recupero ambientale cava ex Zanardi

Coordinate del profilo topografico

	Ascisse X (m)	Ordinate Y (m)
	0	0
	2	0,3
	6	1,8
	15,5	6,8
	21	7,6
	25	13,6
	28	13,7
	33	21,6
	60	21,6

Parametri geotecnici degli strati

Strato n.

1

Descrizione litologica:

Terreno vegetale

Angolo di attrito (°):

25

Densità relativa (%):

0

Coesione(kg/cmq):

0,2

Peso di volume sopra falda(kg/mc):

1800

Peso di volume sotto falda(kg/mc):

2000

Modulo di Young o edometrico (terreni coesivi) (kg/cmq):

15

Coefficiente di Poisson:

0,4

O.C.R.:

1

Angolo di attrito residuo (°)

0

Coefficiente di pressione neutra:

0

Modulo dinamico di taglio (kg/cmq):

0

Comportamento meccanico:

Livello coesivo

Caratteristiche idrogeologiche:

Livello permeabile

Strato n.

2

Descrizione litologica:

Piazzale asfaltato	
Angolo di attrito (°):	45
Densità relativa (%):	70
Coesione(kg/cmq):	1
Peso di volume sopra falda(kg/mc):	2400
Peso di volume sotto falda(kg/mc):	2400
Modulo di Young o edometrico (terreni coesivi) (kg/cmq):	1000
Coefficiente di Poisson:	0,15
O.C.R.:	1
Angolo di attrito residuo (°)	0
Coefficiente di pressione neutra:	0
Modulo dinamico di taglio (kg/cmq):	0
Comportamento meccanico:	Livello incoerente
Caratteristiche idrogeologiche:	Livello permeabile

Strato n.

3

Descrizione litologica:

Materiale di riporto	
Angolo di attrito (°):	27
Densità relativa (%):	70
Coesione(kg/cmq):	0,25
Peso di volume sopra falda(kg/mc):	1900
Peso di volume sotto falda(kg/mc):	2200
Modulo di Young o edometrico (terreni coesivi) (kg/cmq):	100
Coefficiente di Poisson:	0,3
O.C.R.:	1
Angolo di attrito residuo (°)	0
Coefficiente di pressione neutra:	0
Modulo dinamico di taglio (kg/cmq):	0
Comportamento meccanico:	Livello incoerente
Caratteristiche idrogeologiche:	Livello permeabile

Strato n.

4

Descrizione litologica:

Ghiaia e sabbia (naturale)	
Angolo di attrito (°):	35
Densità relativa (%):	70
Coesione(kg/cmq):	0
Peso di volume sopra falda(kg/mc):	1850
Peso di volume sotto falda(kg/mc):	2050
Modulo di Young o edometrico (terreni coesivi) (kg/cmq):	400
Coefficiente di Poisson:	0,3
O.C.R.:	1
Angolo di attrito residuo (°)	0
Coefficiente di pressione neutra:	0
Modulo dinamico di taglio (kg/cmq):	0
Comportamento meccanico:	Livello incoerente
Caratteristiche idrogeologiche:	Livello permeabile

Terra armata n.

1

Posizione della terra armata

Ascissa piede (m):	21	Ordinata piede (m):	7,6
Altezza totale dell'opera (m):			6
Inclinazione fronte opera (°):			56
Spaziatura verticale rinforzi (m):			0,5
Lunghezza dei rinforzi (m):			0,1
Angolo di attrito del materiale di riempimento(°):			27
Resistenza alla trazione dei rinforzi (kg/m):			60000
Peso di volume della terra armata (kg/mc):			2200
Metodo di calcolo della spinta attiva:			Rankine
Coefficiente di sicurezza verifica di stabilità interna:			8,07
Spinta attiva massima (kg/m):			14870,78
Forza stabilizzante massima (kg/m):			942,46
Peso della terra armata (kg/m):			1592,21

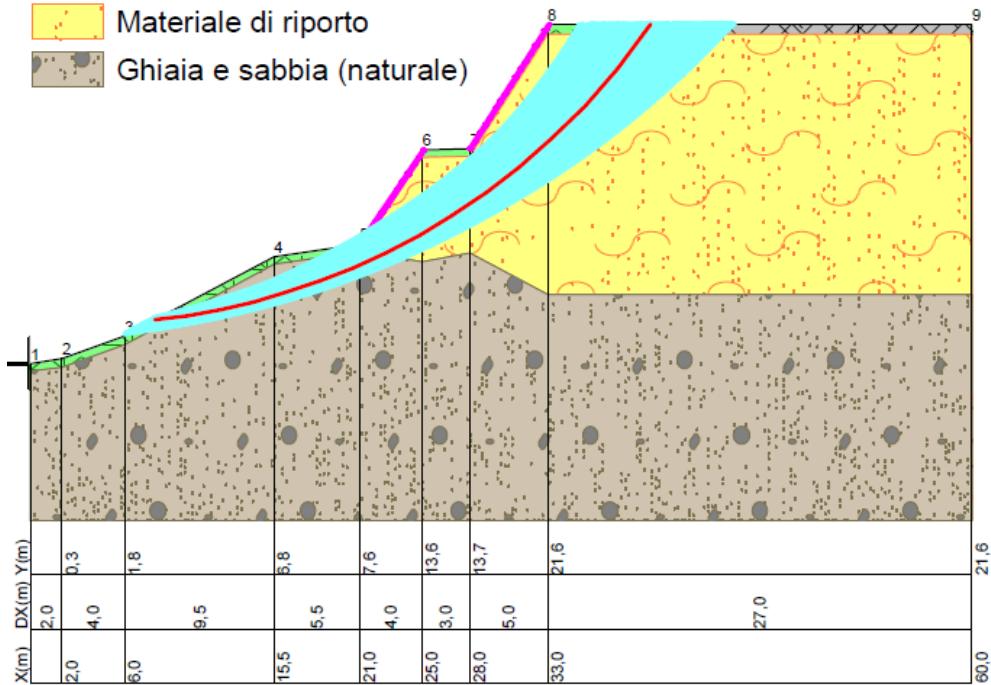
Posizione della terra armata

Ascissa piede (m):	28	Ordinata piede (m):	13,7
Altezza totale dell'opera (m):			7,9
Inclinazione fronte opera (°):			57,6
Spaziatura verticale rinforzi (m):			0,5
Lunghezza dei rinforzi (m):			0,1
Angolo di attrito del materiale di riempimento(°):			27
Resistenza alla trazione dei rinforzi (kg/m):			60000
Peso di volume della terra armata (kg/mc):			2200
Metodo di calcolo della spinta attiva:			Rankine
Coefficiente di sicurezza verifica di stabilità interna:			4,65
Spinta attiva massima (kg/m):			25780,15
Forza stabilizzante massima (kg/m):			1159,87
Peso della terra armata (kg/m):			2058,44

VERIFICA GLOBALE – CONDIZIONI ASSENZA DI SISMA

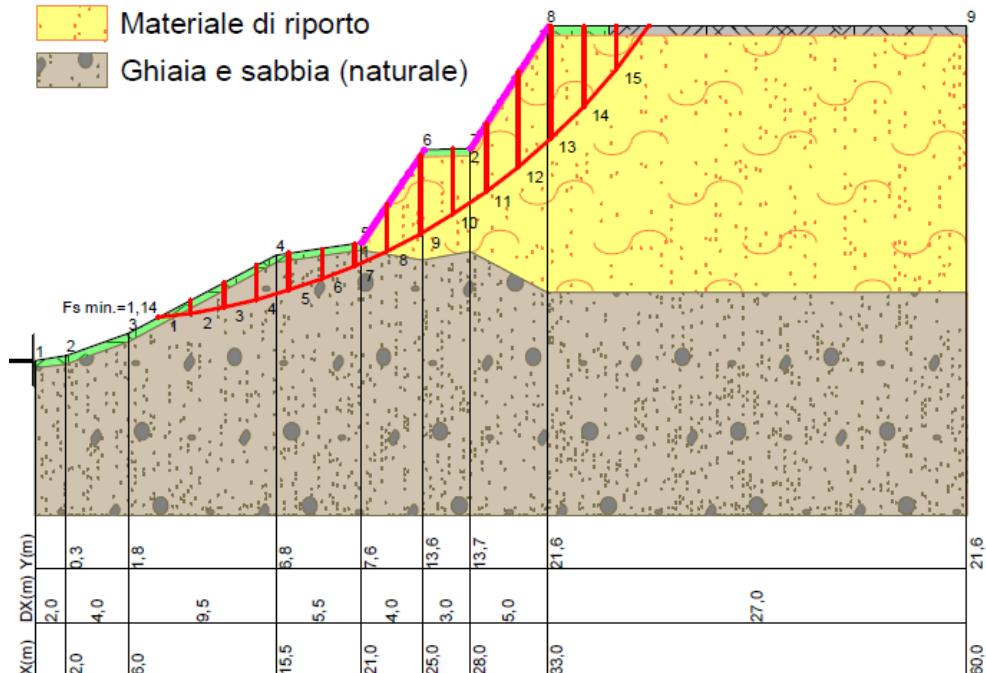
LEGENDA:

	Terreno vegetale
	Piazzale asfaltato
	Materiale di riporto
	Ghiaia e sabbia (naturale)



LEGENDA:

-  Terreno vegetale
-  Piazzale asfaltato
-  Materiale di riporto
-  Ghiaia e sabbia (naturale)



Committente: Roncelli Costruzioni Srl

Località: Brembate di Sopra (BG)

Data: 25/11/2025

Riferimenti: Recupero ambientale cava ex Zanardi

Analisi di stabilità: riepilogo delle superficie con coefficiente di sicurezza minimo

Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghezza m	Inclinazione °	Volume mc	Peso kg	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(kg/cm du (m)
64	1,141	Bishop semplificato		7,909	2,805	2,13	7,4	0,882	1540,33	0	0	0	20,5	0,16
			1	10,019	3,08	2,13	7,4	0,882	1540,33	0	0	0	29,3	0
			2	12,129	3,459	2,14	10,2	2,535	4251,72	0	0	0	29,3	0
			3	14,24	3,946	2,17	13	3,965	6593,86	0	0	0	29,3	0
			4	16,35	4,544	2,19	15,8	4,822	8155,29	0	0	0	29,3	0
			5	18,46	5,258	2,23	18,7	4,592	7764,93	0	0	0	29,3	0
			6	20,57	6,094	2,27	21,6	3,604	6203,5	0	0	0	29,3	0
			7	22,68	7,06	2,32	24,6	4,75	8703,9	0	1447,69	662,81	29,3	0
			8	24,79	8,166	2,38	27,7	8,628	15972,96	0	0	0	22,2	0,2
			9	26,9	9,424	2,46	30,8	9,873	18357,3	0	0	0	22,2	0,2
			10	29,01	10,85	2,55	34,1	9,163	17175,69	0	1705,51	1152,57	22,2	0,2
			11	31,12	12,465	2,66	37,4	11,194	20783,84	0	0	0	22,2	0,2
			12	33,23	14,297	2,79	41	14,208	26375,42	0	0	0	22,2	0,2
			13	35,34	16,387	2,97	44,7	13,205	24771,79	0	0	0	22,2	0,2
			14	37,45	18,791	3,2	48,7	8,464	16205,07	0	0	0	22,2	0,2
			15	39,56	21,6	3,51	53,1	2,964	5823,7	0	0	0	22,2	0,2

LEGENDA

Carichi N= Carichi normali (kg)

Carichi T= Carichi tangenziali (kg)

Phi= Angolo di resistenza al taglio (°)

C= Coesione (kg/cm²)

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,0

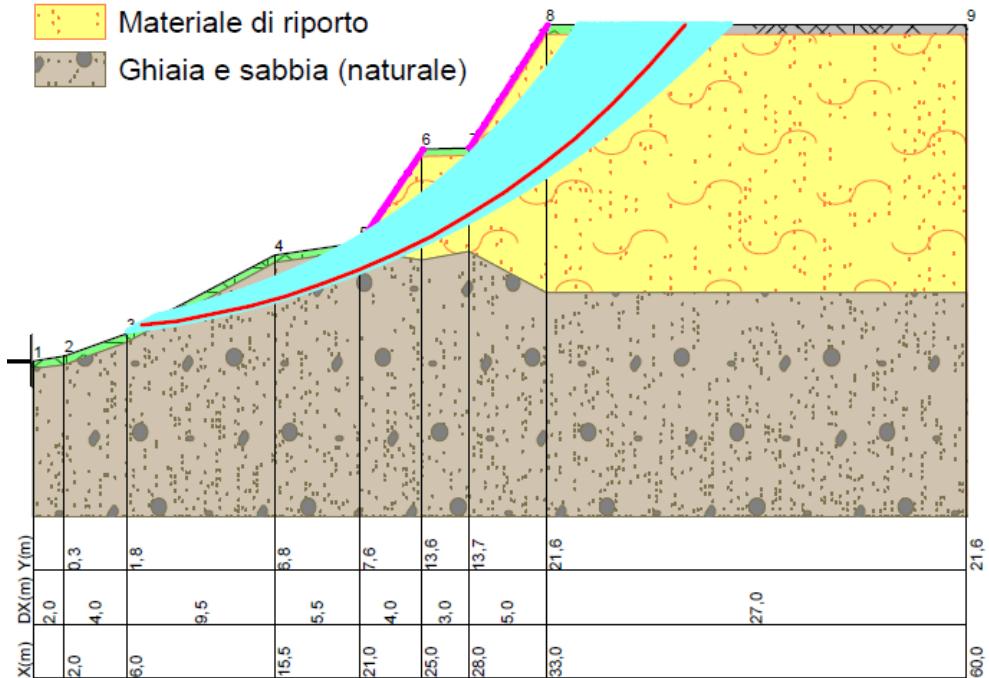
Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,0

Coefficiente beta..... 0,0

VERIFICA GLOBALE – CONDIZIONI SISMICHE

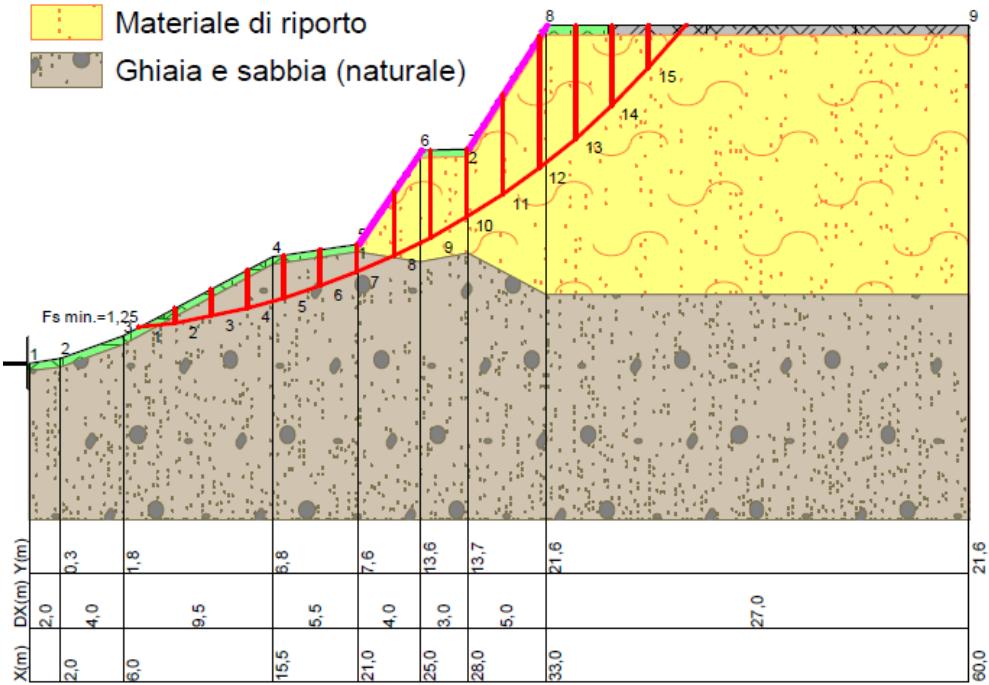
LEGENDA:

-  Terreno vegetale
-  Piazzale asfaltato
-  Materiale di riporto
-  Ghiaia e sabbia (naturale)



LEGENDA:

-  Terreno vegetale
-  Piazzale asfaltato
-  Materiale di riporto
-  Ghiaia e sabbia (naturale)



Committente: Roncelli Costruzioni Srl

Località: Brembate di Sopra (BG)

Data: 25/11/2025

Riferimenti: Recupero ambientale cava ex Zanardi

Analisi di stabilità: riepilogo delle superficie con coefficiente di sicurezza minimo

Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghezza m	Inclinazione °	Volume mc	Peso kg	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(kg/cm du (m)
221	1,25	Bishop semplificato		6,926	2,288	2,35	7,5	1,07	1701,37	0	0	0	25	0,2
			1	9,257	2,596	2,35	10,1	3,084	5127,42	0	0	0	35	0
			2	11,588	3,013	2,37	12,8	4,842	8576,78	0	0	0	35	0
			3	13,918	3,541	2,39	15,4	6,002	10732,63	0	0	0	35	0
			4	16,249	4,185	2,42	18,1	5,855	10301,46	0	0	0	35	0
			5	18,58	4,948	2,45	20,9	4,721	8145,61	0	0	0	35	0
			6	20,91	5,836	2,49	23,7	6,823	12259,2	0	1458,42	638,86	35	0
			7	23,241	6,857	2,54	26,5	11,308	20742,75	0	0	0	27	0,25
			8	25,572	8,019	2,6	29,4	11,609	21185,57	0	0	0	27	0,25
			9	27,902	9,334	2,68	32,4	12,557	23399,68	0	1737,31	1104,04	27	0,25
			10	30,233	10,815	2,76	35,5	17,296	32675,63	0	0	0	27	0,25
			11	32,563	12,481	2,86	38,8	18,268	34446,92	0	0	0	27	0,25
			12	34,894	14,354	2,99	42,2	14,427	27198,62	0	0	0	27	0,25
			13	37,225	16,466	3,15	45,8	9,176	17293,4	0	0	0	27	0,25
			14	39,555	18,86	3,34	49,6	3,193	5989,76	0	0	0	27	0,25
			15	41,886	21,6	3,6							0,25	0

LEGENDA

Carichi N= Carichi normali (kg)

Carichi T= Carichi tangenziali (kg)

Phi= Angolo di resistenza al taglio (°)

C= Coesione (kg/cmq)

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,19

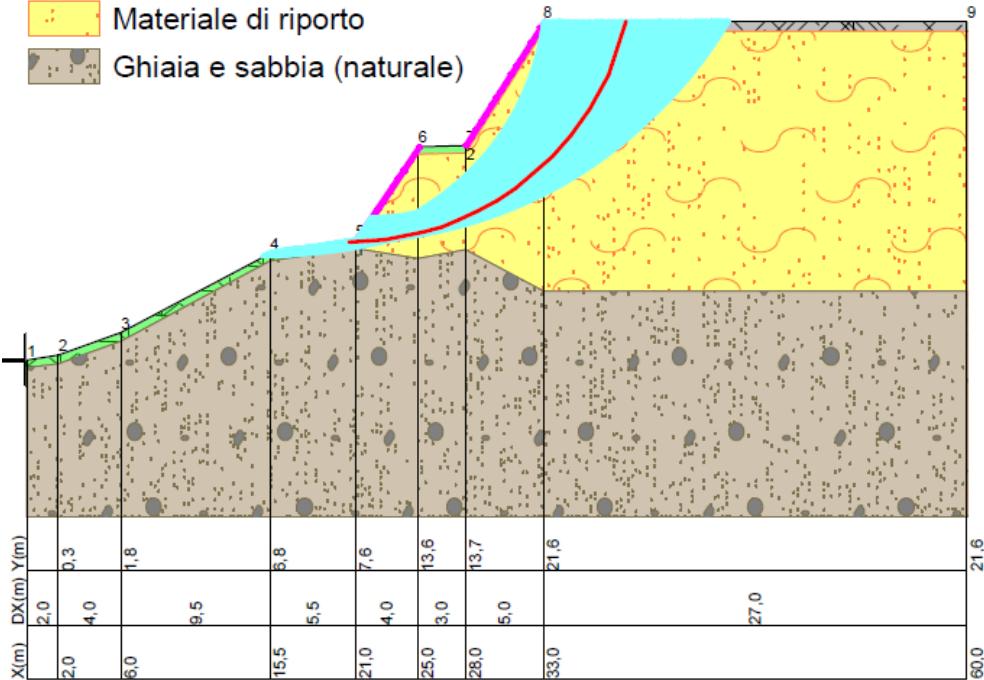
Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,09

Coefficiente beta.....:0,38

VERIFICA PROFILO RIPORTO COMPLESSIVO – CONDIZIONI ASSENZA DI SISMA

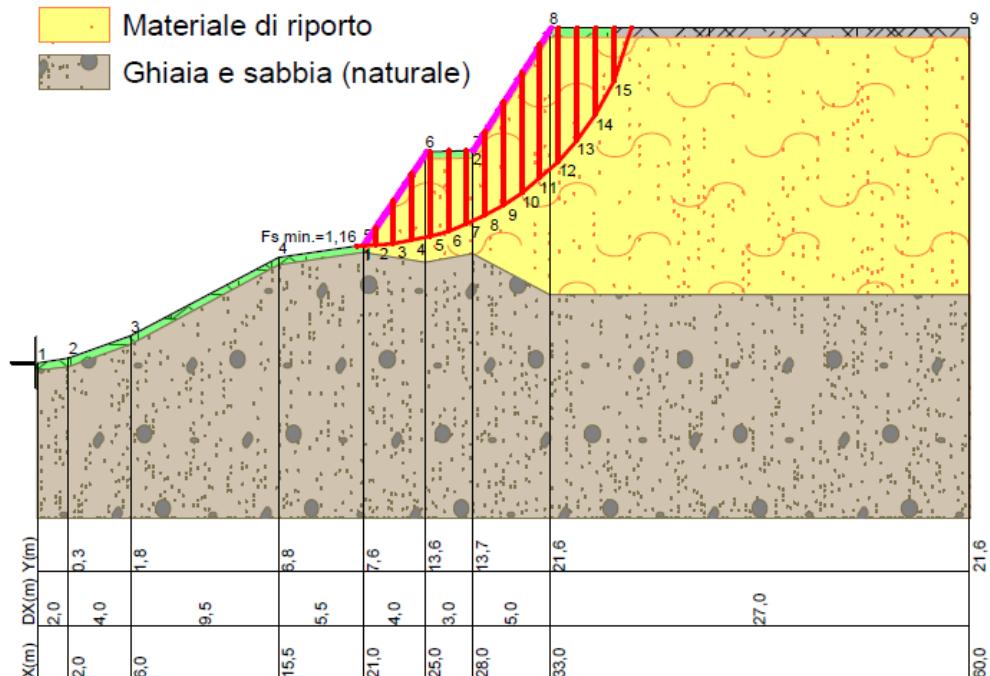
LEGENDA:

-  Terreno vegetale
-  Piazzale asfaltato
-  Materiale di riporto
-  Ghiaia e sabbia (naturale)



LEGENDA:

-  Terreno vegetale
-  Piazzale asfaltato
-  Materiale di riporto
-  Ghiaia e sabbia (naturale)



Committente: Roncelli Costruzioni Srl

Località: Brembate di Sopra (BG)

Data: 25/11/2025

Riferimenti: Recupero ambientale cava ex Zanardi

Analisi di stabilità: riepilogo delle superficie con coefficiente di sicurezza minimo

Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghezza m	Inclinazione °	Volume mc	Peso kg	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(kg/cm du (m)
191	1,159	Bishop semplificato		20,546	7,534	1,18	1,9	0,66	1098,66	0	1591,37	51,72	20,5	0,16
			1	21,727	7,572	1,18	1,9	0,66	1098,66	0	0	0	22,2	0,2
			2	22,908	7,688	1,19	5,6	2,299	3992,97	0	0	0	22,2	0,2
			3	24,09	7,882	1,2	9,3	4,21	7584,29	0	0	0	22,2	0,2
			4	25,271	8,158	1,21	13,1	5,79	10726,68	0	0	0	22,2	0,2
			5	26,452	8,519	1,24	17	6,249	11624,51	0	0	0	22,2	0,2
			6	27,634	8,971	1,26	20,9	5,815	10726,68	0	0	0	22,2	0,2
			7	28,815	9,522	1,3	25	6,015	11175,59	0	1865,89	869,28	22,2	0,2
			8	29,996	10,181	1,35	29,2	7,171	13420,16	0	0	0	22,2	0,2
			9	31,178	10,964	1,42	33,5	8,524	15889,18	0	0	0	22,2	0,2
			10	32,359	11,891	1,5	38,1	9,719	18133,72	0	0	0	22,2	0,2
			11	33,541	12,994	1,62	43	10,221	19256,07	0	0	0	22,2	0,2
			12	34,722	14,323	1,78	48,4	9,382	17684,86	0	0	0	22,2	0,2
			13	35,903	15,972	2,03	54,4	7,623	14318,01	0	0	0	22,2	0,2
			14	37,085	18,145	2,47	61,5	5,365	10195,09	0	0	0	22,2	0,2
			15	38,266	21,6	3,65	71,1	2,041	3933,91	0	0	0	22,2	0,2

LEGENDA

Carichi N= Carichi normali (kg)

Carichi T= Carichi tangenziali (kg)

Phi= Angolo di resistenza al taglio (°)

C= Coesione (kg/cm²)

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,0

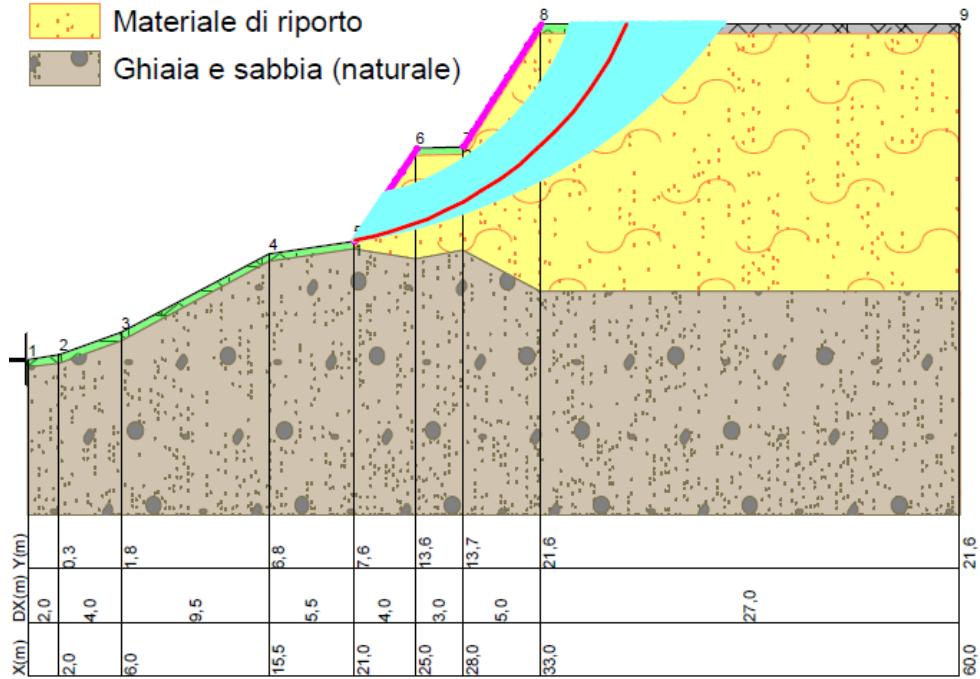
Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,0

Coefficiente beta.....:0,0

VERIFICA PROFILO RIPORTO COMPLESSIVO – CONDIZIONI SISMICHE

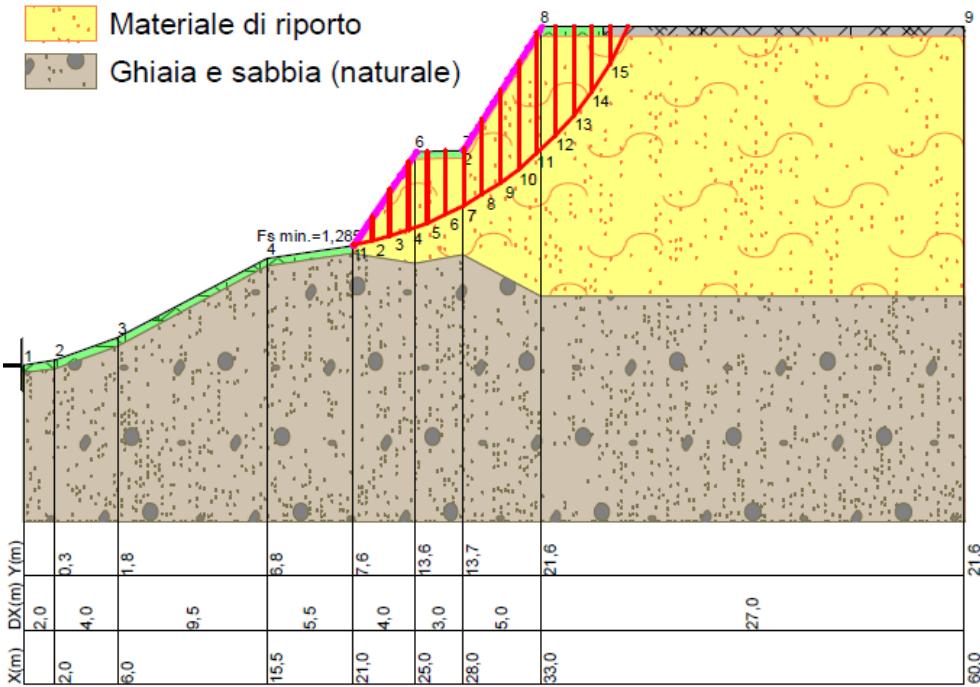
LEGENDA:

-  Terreno vegetale
-  Piazzale asfaltato
-  Materiale di riporto
-  Ghiaia e sabbia (naturale)



LEGENDA:

-  Terreno vegetale
-  Piazzale asfaltato
-  Materiale di riporto
-  Ghiaia e sabbia (naturale)



Committente: Roncelli Costruzioni Srl

Località: Brembate di Sopra (BG)

Data: 25/11/2025

Riferimenti: Recupero ambientale cava ex Zanardi

Analisi di stabilità: riepilogo delle superficie con coefficiente di sicurezza minimo

Superf. minimo	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghez- za m	Inclina- zione °	Volume mc	Peso kg	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(kg/cm du (m)
27	1,28	Bishop semplificato	1	21,046	7,669									
			2	22,216	7,919	1,2	12,1	0,88	1532,54	0	193,79	-907,18	27	0,25
			3	23,386	8,231	1,21	14,9	2,605	4621,02	0	0	0	27	0,25
			4	24,556	8,608	1,23	17,8	4,255	7732,89	0	0	0	27	0,25
			5	25,726	9,052	1,25	20,8	5,205	9511,11	0	0	0	27	0,25
			6	26,896	9,569	1,28	23,8	5,07	9288,83	0	0	0	27	0,25
			7	28,065	10,162	1,31	26,9	4,525	8411,42	0	1200,54	609,42	27	0,25
			8	29,235	10,84	1,35	30,1	4,944	9300,53	0	616,1	357,04	27	0,25
			9	30,405	11,611	1,4	33,4	6,259	11733,87	0	0	0	27	0,25
			10	31,575	12,486	1,46	36,8	7,459	13956,63	0	0	0	27	0,25
			11	32,745	13,481	1,54	40,4	8,528	15945,43	0	0	0	27	0,25
			12	33,915	14,616	1,63	44,1	8,599	15945,45	0	0	0	27	0,25
			13	35,085	15,924	1,75	48,2	7,405	13734,38	0	0	0	27	0,25
			14	36,255	17,453	1,93	52,6	5,746	10622,51	0	0	0	27	0,25
			15	37,424	19,288	2,18	57,5	3,778	6984,18	0	0	0	27	0,25
				38,594	21,6	2,59	63,2	1,353	2562,04	0	0	0	27	0,25

LEGENDA

Carichi N= Carichi normali (kg)

Carichi T= Carichi tangenziali (kg)

Phi= Angolo di resistenza al taglio (°)

C= Coesione (kg/cmq)

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,19

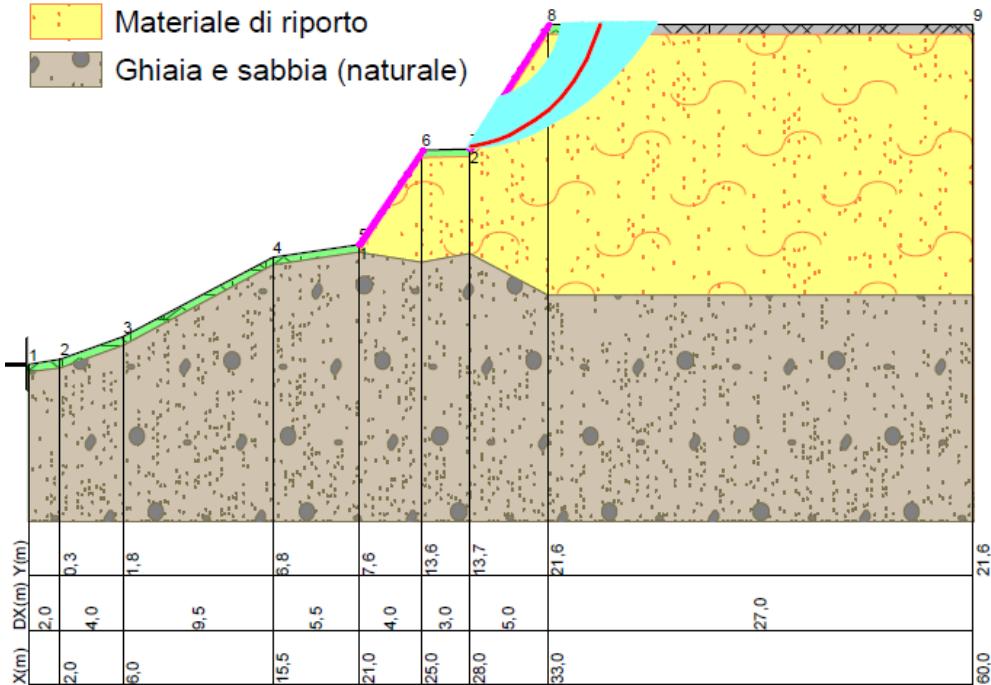
Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,09

Coefficiente beta..... 0,38

VERIFICA PROFILO PRIMO GRADONE RIPORTO – CONDIZIONI ASSENZA DI SISMA

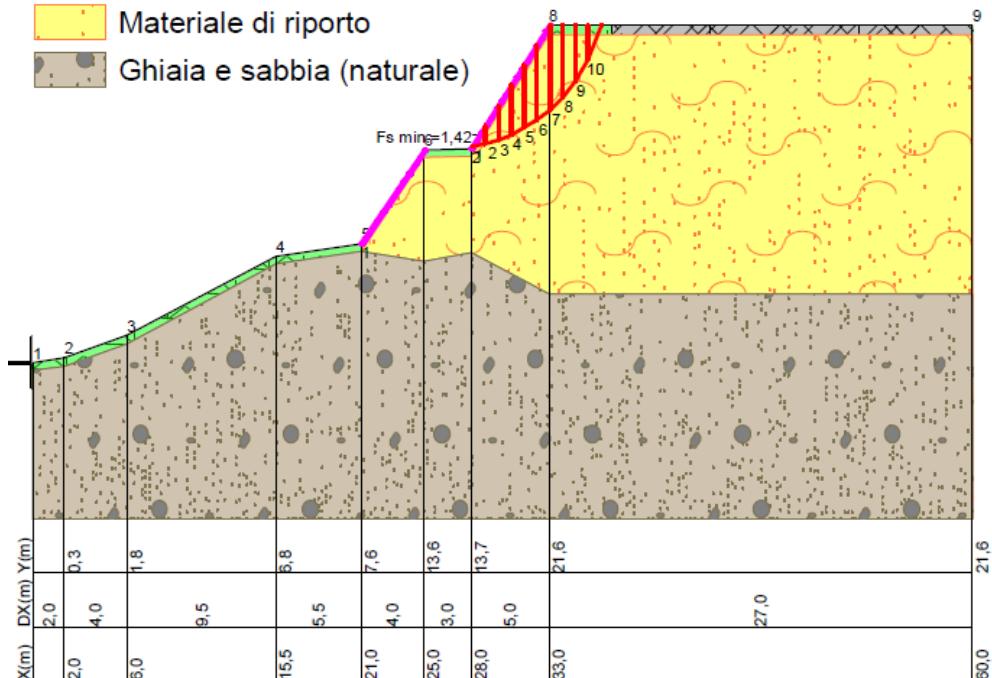
LEGENDA:

-  Terreno vegetale
-  Piazzale asfaltato
-  Materiale di riporto
-  Ghiaia e sabbia (naturale)



LEGENDA:

-  Terreno vegetale
-  Piazzale asfaltato
-  Materiale di riporto
-  Ghiaia e sabbia (naturale)



Committente: Roncelli Costruzioni Srl

Località: Brembate di Sopra (BG)

Data: 25/11/2025

Riferimenti: Recupero ambientale cava ex Zanardi

Analisi di stabilità: riepilogo delle superficie con coefficiente di sicurezza minimo

Superf.	F _s minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghezza m	Inclinazione °	Volume mc	Peso kg	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(kg/cm ²)	du (m)
234	1,416	Bishop semplificato		1 28,081 2 28,903 2 29,724 3 30,546 4 31,368 5 32,189 6 33,011 7 33,832 8 34,654 9 35,476 10 36,297	13,828 14,007 14,258 14,588 15,006 15,524 16,163 16,956 17,964 19,326 21,6	0,84 0,86 0,89 0,92 0,97 1,04 1,14 1,14 1,3 1,59 2,42	12,3 17 21,9 26,9 32,2 37,9 44 50,8 58,9 70,1	0,46 1,35 2,178 2,937 3,619 4,203 4,141 3,402 2,428 0,934	764,1 2316,93 3877,99 5430,83 6671,45 7764,21 7772,42 6367,47 4494,2 1700,73	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	241,43 0 0 0 0 0 0 0 0 0	-1111,43 0 0 0 0 0 0 0 0 0	22,2 22,2 22,2 22,2 22,2 22,2 22,2 22,2 22,2 22,2	0,2 0,2 0,2 0,2 0,2 0,2 0,2 0,2 0,2 0,2	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

LEGENDA

Carichi N= Carichi normali (kg)

Carichi T= Carichi tangenziali (kg)

Phi= Angolo di resistenza al taglio (°)

C= Coesione (kg/cm²)

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,0

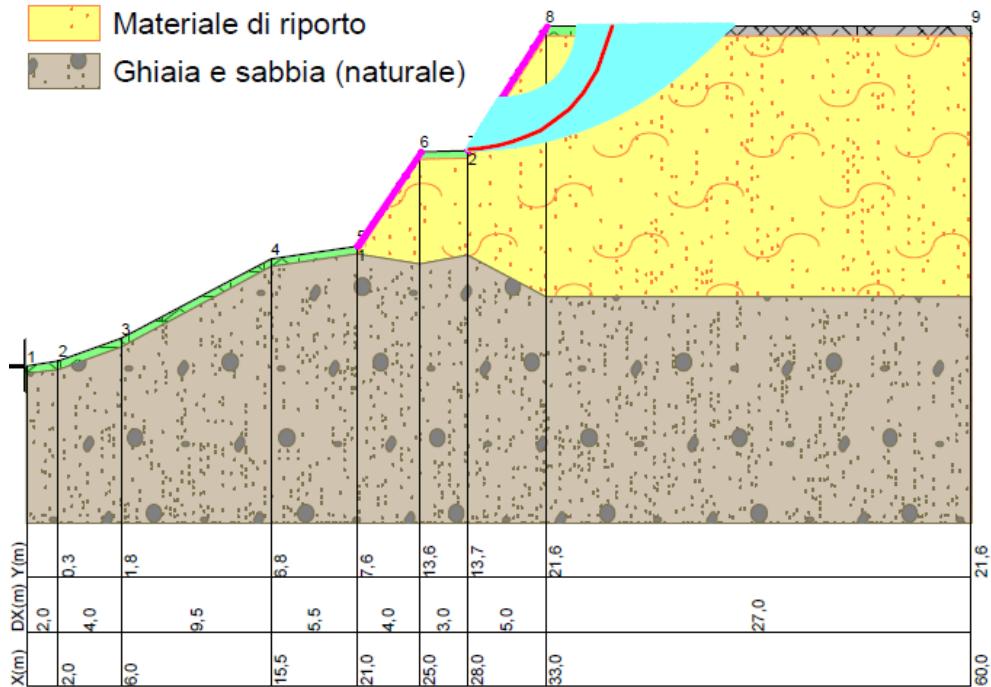
Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,0

Coefficiente beta..... 0,0

VERIFICA PROFILO PRIMO GRADONE RIPORTO – CONDIZIONI SISMICHE

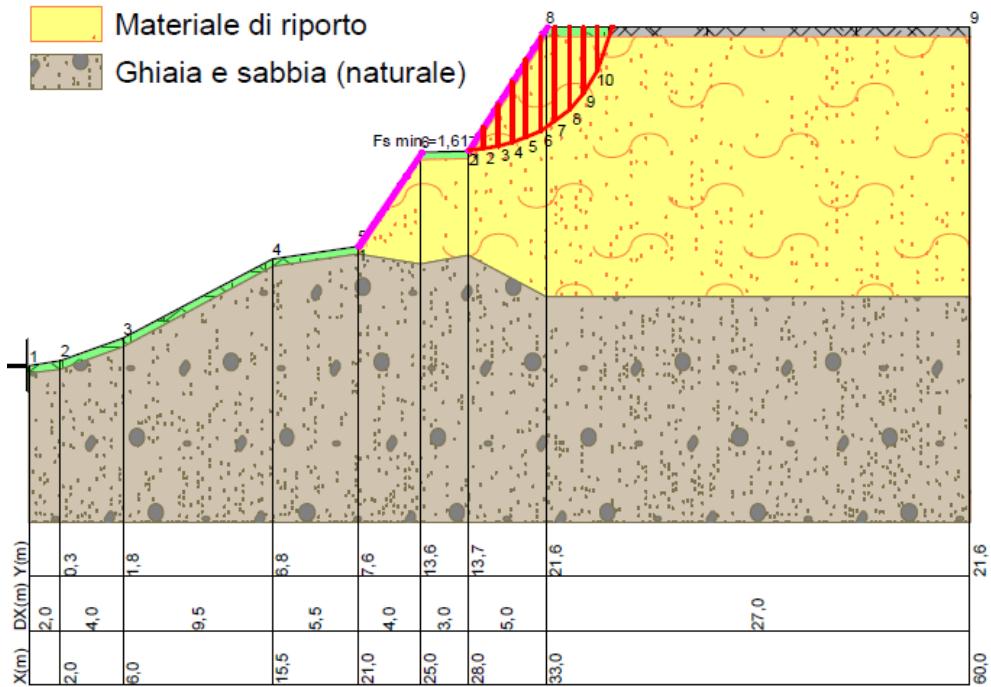
LEGENDA:

-  Terreno vegetale
-  Piazzale asfaltato
-  Materiale di riporto
-  Ghiaia e sabbia (naturale)



LEGENDA:

-  Terreno vegetale
-  Piazzale asfaltato
-  Materiale di riporto
-  Ghiaia e sabbia (naturale)



Committente: Roncelli Costruzioni Srl

Località: Brembate di Sopra (BG)

Data: 25/11/2025

Riferimenti: Recupero ambientale cava ex Zanardi

Analisi di stabilità: riepilogo delle superficie con coefficiente di sicurezza minimo

Superf. minimo	Fs	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghezza m	Inclinazione °	Volume mc	Peso kg	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(kg/cm²)	du (m)
101	1,613	Bishop semplificato	1	28,056	13,789	0,91	2,8	0,638	1022,3	0	56,69	-1144,69	27	0,25	0
			2	28,969	13,834	0,92	8,5	1,871	3267,7	0	0	0	27	0,25	0
			3	29,882	13,971	0,94	14,3	3,018	5522,23	0	0	0	27	0,25	0
			4	30,794	14,204	0,97	20,3	4,075	7594,2	0	0	0	27	0,25	0
			5	31,707	14,541	0,97	26,4	5,03	9501,88	0	0	0	27	0,25	0
			6	32,62	14,995	1,02	33	5,485	10369,01	0	0	0	27	0,25	0
			7	33,533	15,587	1,09	40,1	5,138	9675,31	0	0	0	27	0,25	0
			8	34,446	16,354	1,19	48	4,326	8114,48	0	0	0	27	0,25	0
			9	35,358	17,368	1,36	57,5	3,209	5859,95	0	0	0	27	0,25	0
			10	36,271	18,8	1,7	71,9	1,278	2236,28	0	0	0	27	0,25	0

LEGENDA

Carichi N= Carichi normali (kg)

Carichi T= Carichi tangenziali (kg)

Phi= Angolo di resistenza al taglio (°)

C= Coesione (kg/cm²)

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,19

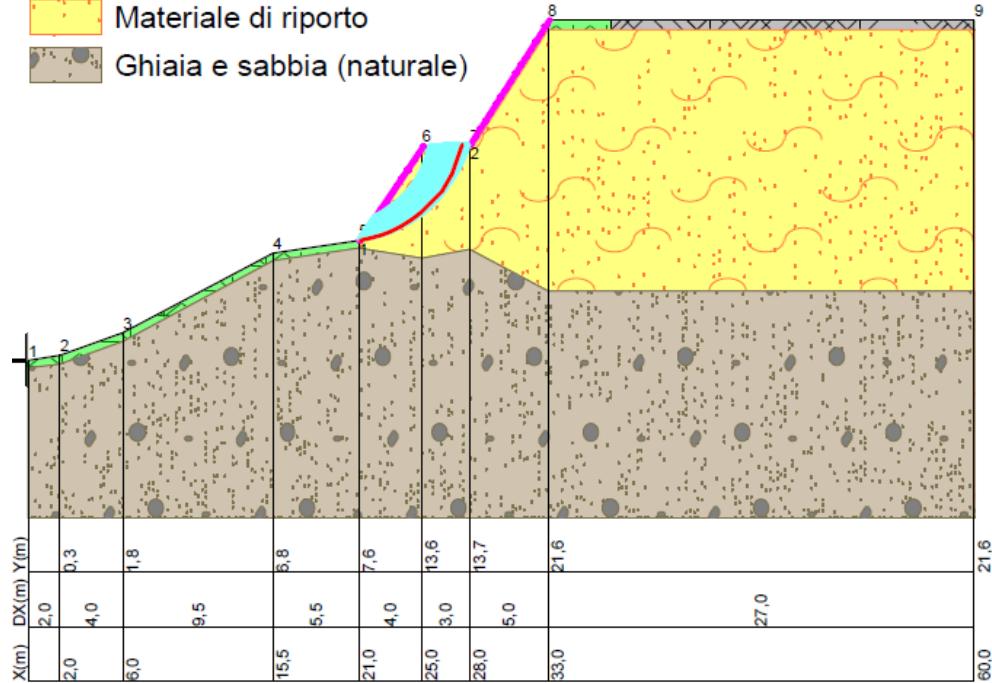
Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,09

Coefficiente beta..... 0,38

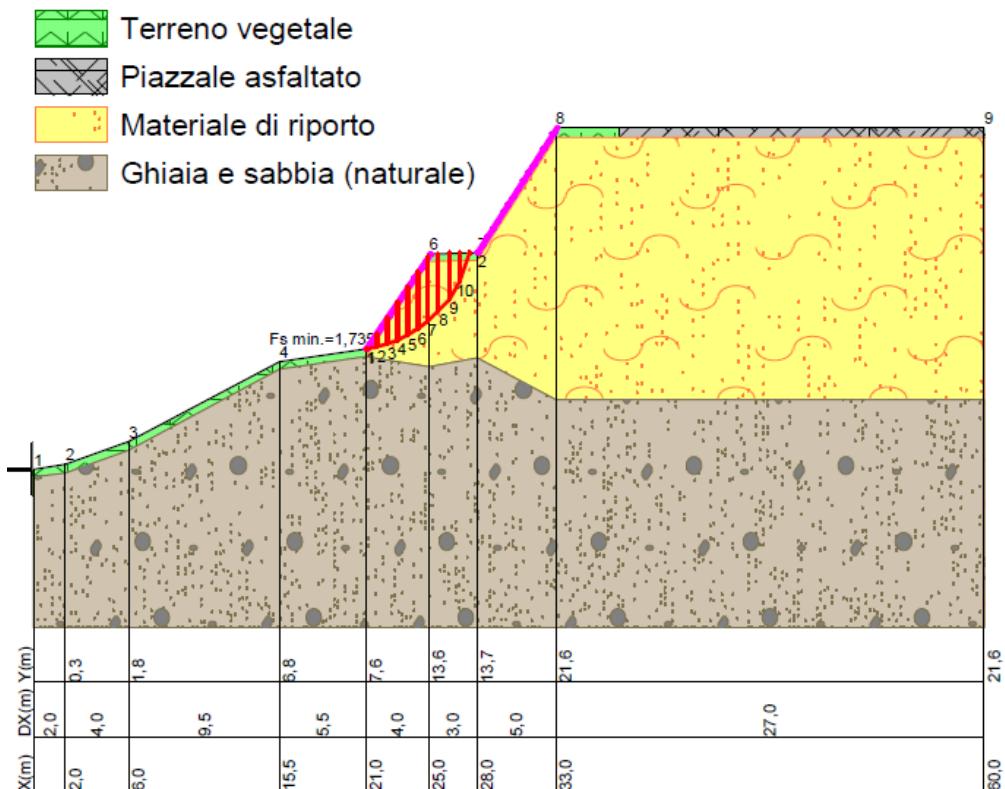
VERIFICA PROFILO SECONDO GRADONE RIPORTO – CONDIZIONI ASSENZA DI SISMA

LEGENDA:

-  Terreno vegetale
-  Piazzale asfaltato
-  Materiale di riporto
-  Ghiaia e sabbia (naturale)



LEGENDA:



Committente: Roncelli Costruzioni Srl

Località: Brembate di Sopra (BG)

Data: 25/11/2025

Riferimenti: Recupero ambientale cava ex Zanardi

Analisi di stabilità: riepilogo delle superficie con coefficiente di sicurezza minimo

Superf. minimo	Fs	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghezza m	Inclinazione °	Volume mc	Peso kg	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(kg/cm du (m)	
51	1,73	Bishop semplificato	1	21,002	7,604	0,66	10,7	0,277	481,17	0	173,68	-922,31	22,2	0,2	0
			2	21,653	7,726	0,68	15,6	0,813	1463,02	0	0	0	22,2	0,2	0
			3	22,303	7,907	0,69	20,6	1,308	2327,83	0	0	0	22,2	0,2	0
			4	22,953	8,152	0,69	25,8	1,761	3192,64	0	0	0	22,2	0,2	0
			5	23,603	8,467	0,72	31,3	2,164	4057,45	0	0	0	22,2	0,2	0
			6	24,254	8,862	0,76	37,1	2,51	4675,17	0	0	0	22,2	0,2	0
			7	24,904	9,354	0,82	43,4	2,52	4675,17	0	0	0	22,2	0,2	0
			8	25,554	9,968	0,89	50,4	2,125	3927,4	0	0	0	22,2	0,2	0
			9	26,204	10,755	1,02	58,8	1,534	2815,51	0	0	0	22,2	0,2	0
			10	26,854	11,829	1,26	58,8	0,596	1098,89	0	0	0	22,2	0,2	0

LEGENDA

Carichi N= Carichi normali (kg)

Carichi T= Carichi tangenziali (kg)

Phi= Angolo di resistenza al taglio (°)

C= Coesione (kg/cmq)

Accelerazione sismica orizzontale (g): 0,0

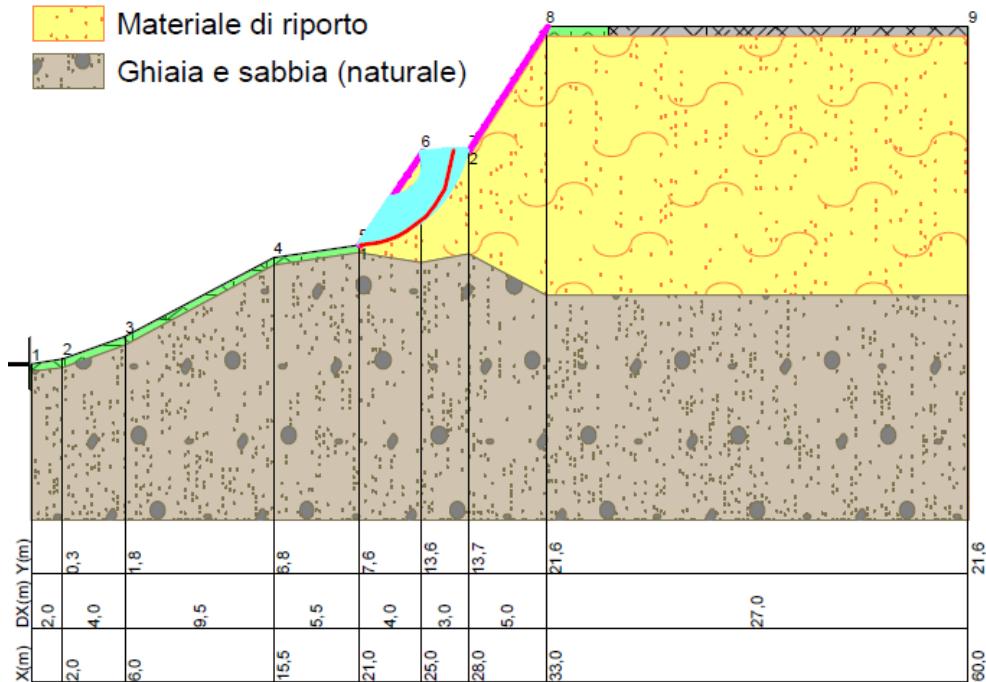
Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,0

Coefficiente beta..... 0,0

VERIFICA PROFILO SECONDO GRADONE RIPORTO – CONDIZIONI SISMICHE

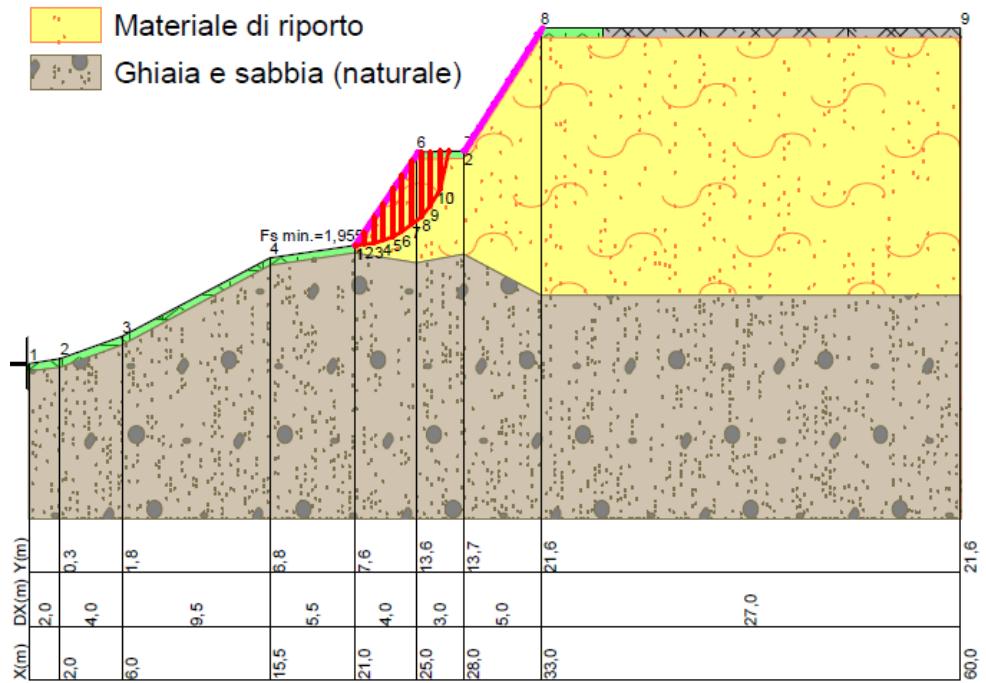
LEGENDA:

-  Terreno vegetale
-  Piazzale asfaltato
-  Materiale di riporto
-  Ghiaia e sabbia (naturale)



LEGENDA:

-  Terreno vegetale
-  Piazzale asfaltato
-  Materiale di riporto
-  Ghiaia e sabbia (naturale)



Committente: Roncelli Costruzioni Srl

Località: Brembate di Sopra (BG)

Data: 25/11/2025

Riferimenti: Recupero ambientale cava ex Zanardi

Analisi di stabilità: riepilogo delle superficie con coefficiente di sicurezza minimo

Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghezza m	Inclinazione °	Volume mc	Peso kg	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(kg/cm du (m)
241	1,947	Bishop semplificato	1	21,002	7,604	0,61	4,8	0,26	454,72	0	78,92	-937,15	25	0,2
			2	21,609	7,655	0,62	10,4	0,762	1364,17	0	0	0	27	0,25
			3	22,215	7,766	0,62	16,1	1,227	2164,49	0	0	0	27	0,25
			4	22,821	7,941	0,63	21,9	1,652	2976,92	0	0	0	27	0,25
			5	23,428	8,185	0,65	28	2,031	3783,3	0	0	0	27	0,25
			6	24,034	8,508	0,69	34,5	2,358	4359,29	0	0	0	27	0,25
			7	24,64	8,925	0,74	41,6	2,511	4589,68	0	0	0	27	0,25
			8	25,247	9,462	0,81	49,5	2,305	4238,03	0	0	0	27	0,25
			9	25,853	10,172	0,93	59,2	1,794	3316,45	0	0	0	27	0,25
			10	27,065	13,669	2,55	76,3	0,746	1370,23	0	0	0	27	0,25

LEGENDA

Carichi N= Carichi normali (kg) Carichi T= Carichi tangenziali (kg)

Phi= Angolo di resistenza al taglio (°) C= Coesione (kg/cmq)

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,19

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,09

Coefficiente beta.....:0,38

VERIFICA PROFILO SECONDO GRADONE RIPORTO E SCARPATA NATURALE – CONDIZIONI IN ASSENZA DI SISMA

LEGENDA:



Terreno vegetale



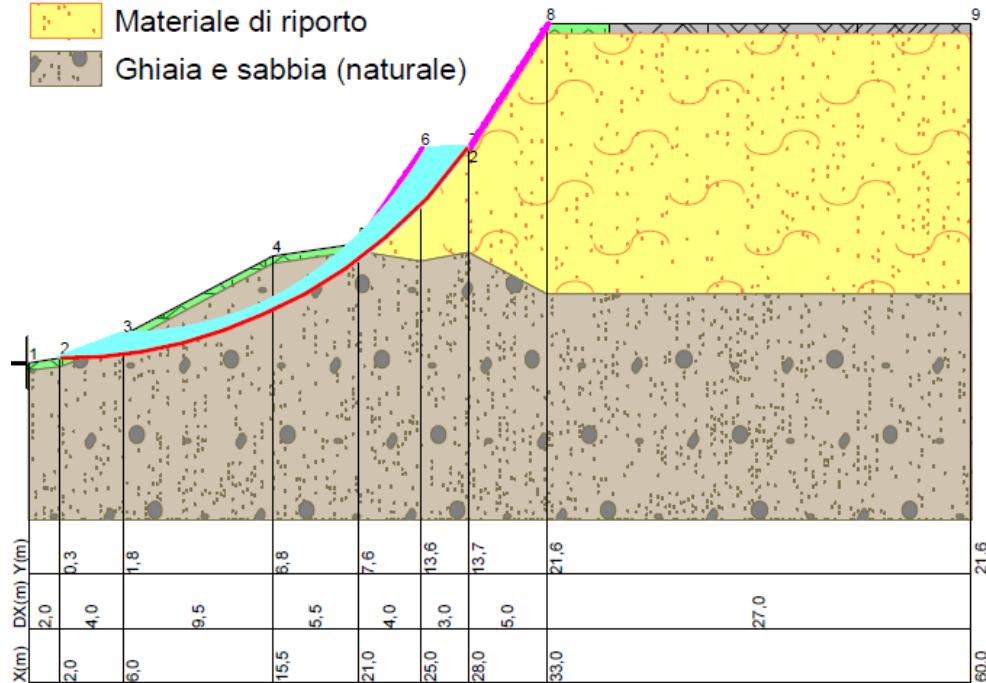
Piazzale asfaltato



Materiale di riporto

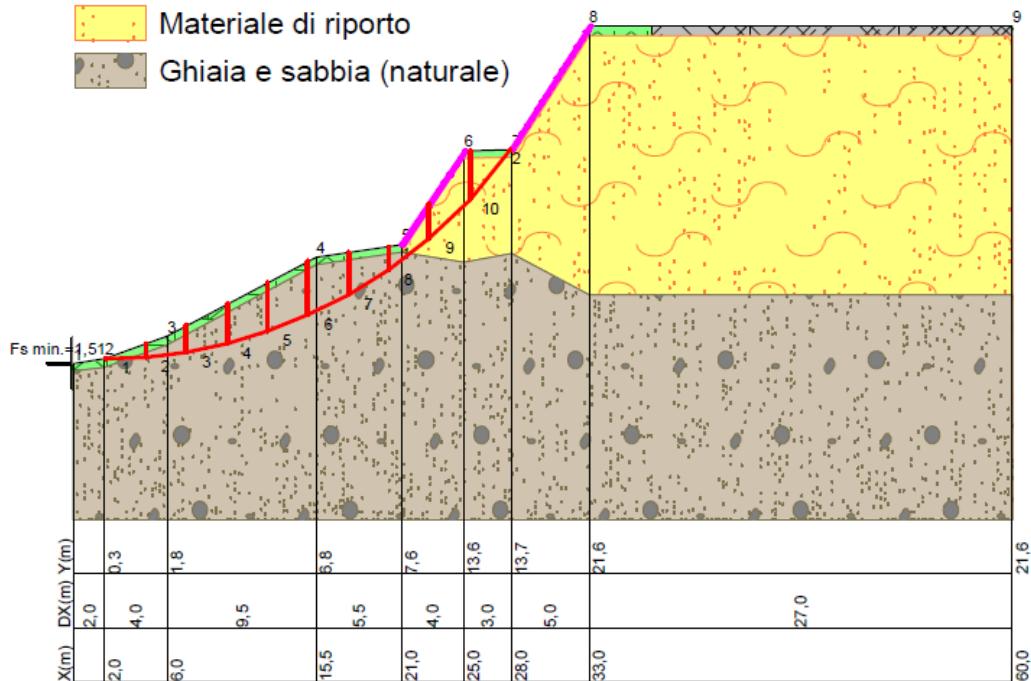


Ghiaia e sabbia (naturale)



LEGENDA:

-  Terreno vegetale
-  Piazzale asfaltato
-  Materiale di riporto
-  Ghiaia e sabbia (naturale)



Committente: Roncelli Costruzioni Srl

Località: Brembate di Sopra (BG)

Data: 25/11/2025

Riferimenti: Recupero ambientale cava ex Zanardi

Analisi di stabilità: riepilogo delle superficie con coefficiente di sicurezza minimo

Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghezza m	Inclinazione °	Volume mc	Peso kg	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(kg/cm du (m)
7	1,508	Bishop semplificato		1 2,068	0,325	2,59	2,3	1,116	1873,53	0	0	0	20,5	0,16
			1	4,652	0,431	2,59	7	3,313	5659,34	0	0	0	29,3	0
			2	7,236	0,75	2,6	11,8	5,455	9496,83	0	0	0	29,3	0
			3	9,821	1,289	2,64	16,6	7,276	12856,26	0	0	0	29,3	0
			4	12,405	2,061	2,7	21,6	8,475	15246,61	0	0	0	29,3	0
			5	14,989	3,082	2,78	26,7	7,969	14290,47	0	0	0	29,3	0
			6	17,573	4,383	2,89	32,1	5,418	9509,75	0	0	0	29,3	0
			7	20,157	6,003	3,05	37,8	4,753	8695,74	0	1257,91	976,11	29,3	0
			8	22,741	8,008	3,27	44	6,86	12688,29	0	0	0	22,2	0,2
			9	25,326	10,506	3,59	51	4,012	7313,21	0	0	0	22,2	0,2
			10	27,91	13,697	4,11								

LEGENDA

Carichi N= Carichi normali (kg)

Carichi T= Carichi tangenziali (kg)

Phi= Angolo di resistenza al taglio (°)

C= Coesione (kg/cmq)

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,0

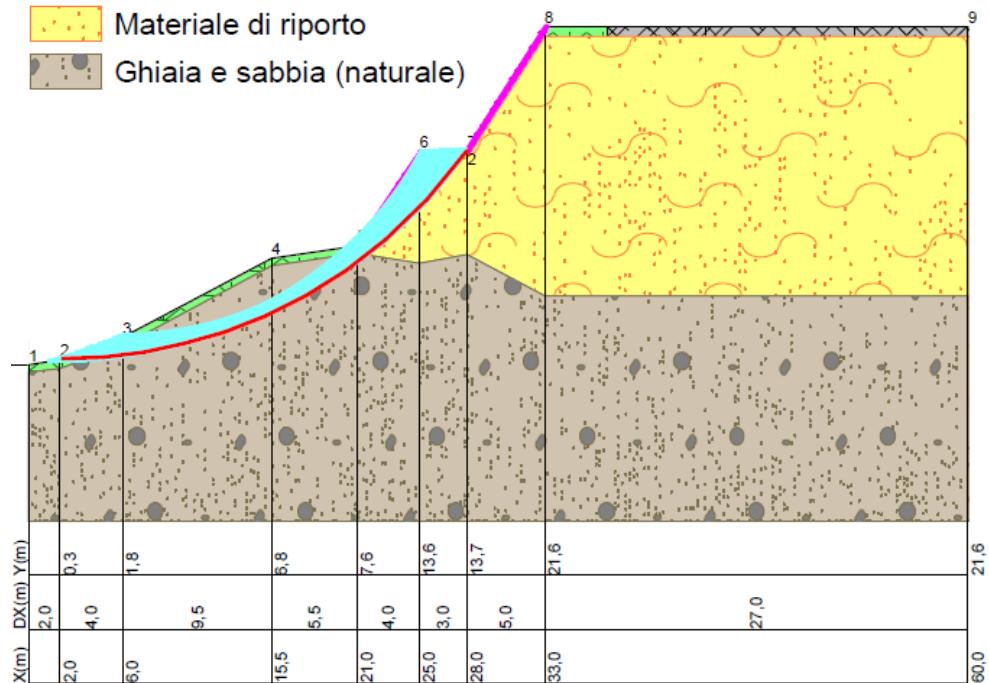
Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,0

Coefficiente beta..... -0,0

VERIFICA PROFILO SECONDO GRADONE RIPORTO E SCARPATA NATURALE –
CONDIZIONI SISMICHE

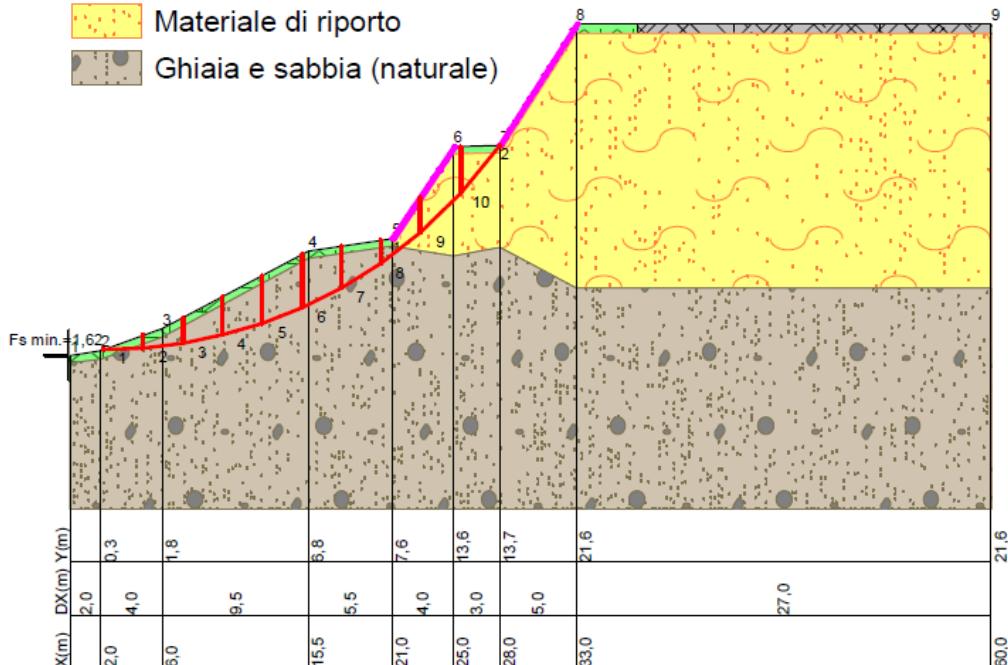
LEGENDA:

-  Terreno vegetale
-  Piazzale asfaltato
-  Materiale di riporto
-  Ghiaia e sabbia (naturale)



LEGENDA:

-  Terreno vegetale
-  Piazzale asfaltato
-  Materiale di riporto
-  Ghiaia e sabbia (naturale)



Committente: Roncelli Costruzioni Srl

Località: Brembate di Sopra (BG)

Data: 25/11/2025

Riferimenti: Recupero ambientale cava ex Zanardi

Analisi di stabilità: riepilogo delle superficie con coefficiente di sicurezza minimo

Superf. minimo	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghez- za m	Inclina- zione °	Volume mc	Peso kg	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(kg/cm) du (m)
68	1,618	Bishop semplificato	1	2,176	0,366	2,58	2,3	1,114	1872,21	0	0	0	25	0,2
			2	4,759	0,472	2,58	7	3,33	5655,35	0	0	0	35	0
			3	7,341	0,79	2,6				0	0	0	35	0
			4	9,924	1,328	2,64	11,8	5,491	9477,23	0	0	0	35	0
			5	12,506	2,098	2,69	16,6	7,312	12834,29	0	0	0	35	0
			6	15,088	3,117	2,78	21,5	8,512	15235,88	0	0	0	35	0
			7	17,671	4,415	2,89	26,7	7,962	14280,41	0	0	0	35	0
			8	20,253	6,031	3,05	32	5,373	9503,06	0	0	0	35	0
			9	22,835	8,031	3,27	37,8	4,883	8663,8	0	1258,84	974,91	35	0
			10	25,418	10,521	3,59	44	6,991	12653,54	0	0	0	27	0,25
				28	13,7	4,1	50,9	3,993	7308,06	0	0	0	27	0,25

LEGENDA

Carichi N= Carichi normali (kg)

Carichi T= Carichi tangenziali (kg)

Phi= Angolo di resistenza al taglio (°)

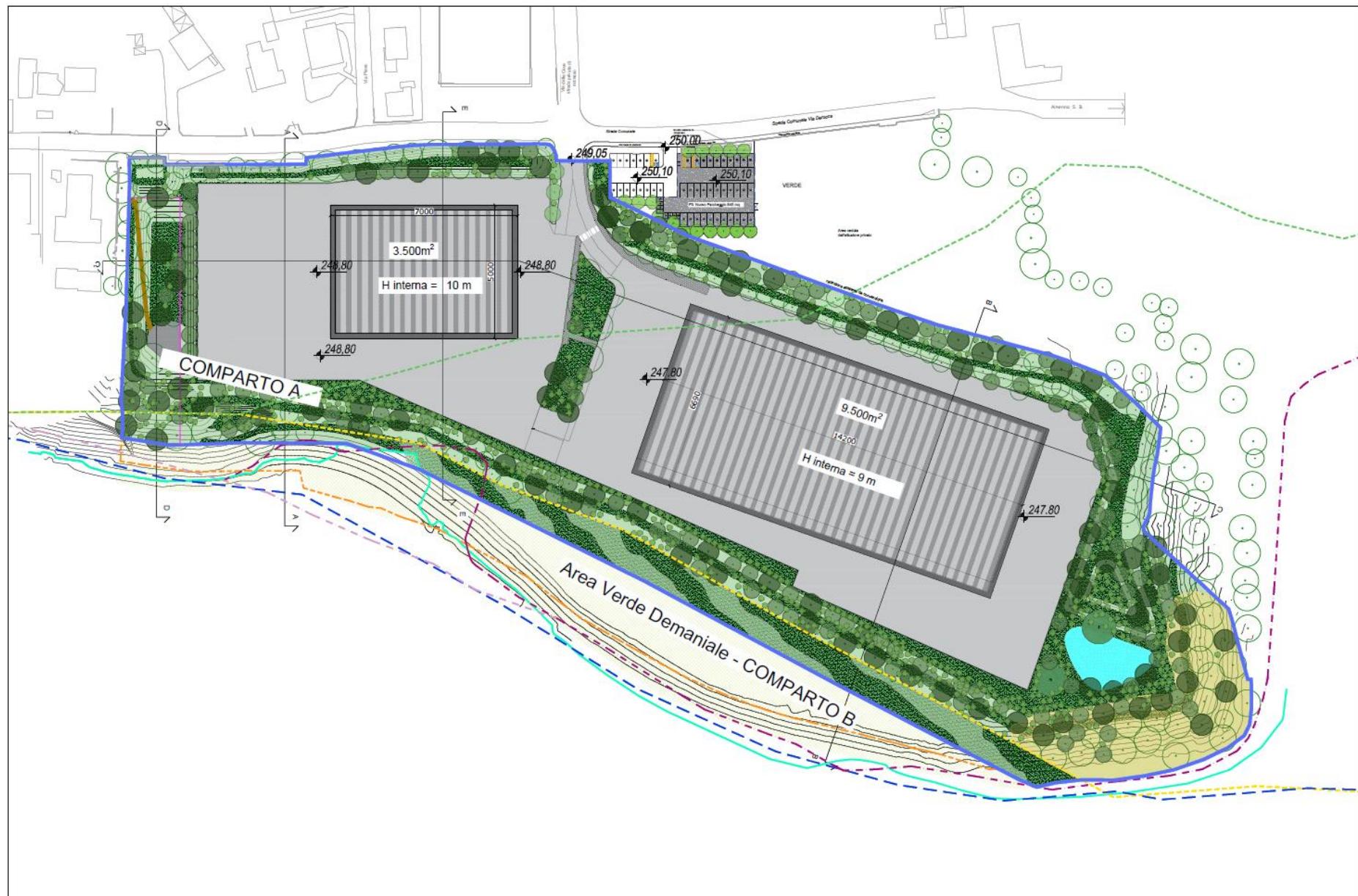
C= Coesione (kg/cmq)

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,19

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,09

Coefficiente beta.....:0,38

APPENDICE 1:
Planimetria dell'ipotesi 1 di progetto
(Volumetria riportata 265.000 mc)



APPENDICE 2:
Planimetria dell'ipotesi 2 di progetto
(Volumetria riportata 295.000 mc)

